



**Universidad
Andrés Bello®**

UNIVERSIDAD ANDRES BELLO

Facultad de Ingeniería

Ingeniería en Construcción

METODOLOGÍAS DE REPARACIÓN PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES DE MEDIANO Y BAJO TRÁNSITO

Tesis de pregrado para optar al título de Ingeniero Constructor

Autor:

Daniel Eduardo González Morgado

Profesor guía:

Uriel Andrés Galaz Celis

Santiago de Chile, 2018

Índice

| | |
|--|----|
| RESUMEN | 6 |
| ABSTRACT | 7 |
| 1. INTRODUCCIÓN | 8 |
| 1.1 Antecedentes Generales..... | 9 |
| 1.2 Contextualización..... | 9 |
| 1.3 Problematicación..... | 10 |
| 1.4 Preguntas de investigación. | 10 |
| 1.4.1 Pregunta general. | 10 |
| 1.4.2 Preguntas específicas. | 10 |
| 1.5 Objetivos de investigación. | 11 |
| 1.5.1 Objetivo General..... | 11 |
| 1.5.2 Objetivos Específicos. | 11 |
| 2. MARCO TEÓRICO | 12 |
| 2.1 Caminos..... | 13 |
| 2.2 Pavimentos. | 13 |
| 2.3 Factores para el diseño de un pavimento. | 14 |
| 2.4 Tipos de pavimentos. | 17 |
| 2.4.1 Pavimentos rígidos. | 17 |
| 2.4.1.1 Proceso constructivo de pavimentos rígidos. | 19 |
| 2.4.2 Pavimentos flexibles. | 20 |
| 2.4.2.1 Capas de un pavimento flexible..... | 21 |
| 2.4.2.2 Proceso constructivo de pavimentos flexibles. | 22 |
| 2.4.3 Pavimentos semirrígidos..... | 22 |
| 2.5 Fallas de pavimento: | 23 |
| 2.5.1 Tipos de fallas en pavimentos flexibles: | 24 |
| 2.5.1.1 Fisuras y grietas: | 24 |
| 2.5.1.2 Deterioro superficial:..... | 32 |
| 2.5.1.3 Otros deterioros:..... | 42 |
| 2.6 Estudio..... | 46 |
| 2.6.1 Estudio Técnico. | 46 |
| 2.6.2 Estudio Económico. | 46 |
| 3. MARCO METODOLÓGICO | 47 |

| | |
|---|----|
| 3.1 Fallas a estudiar..... | 48 |
| 3.1.1 Fallas modelos..... | 48 |
| 3.2 Métodos de reparación para fallas de baches y/o ahuellamiento en pavimentos asfálticos..... | 50 |
| 3.3 Modelación de la Falla. | 57 |
| 3.4 Costos..... | 59 |
| 3.5 Análisis en fallas. | 63 |
| 3.5.1 Baches..... | 63 |
| 3.5.2 Ahuellamiento | 66 |
| 4. CONCLUSIONES | 70 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 72 |
| 5. ANEXOS | 73 |
| 5.1 Análisis de precios unitarios..... | 74 |
| 5.1.1 Reparación en todo el espesor – Baches. ANEXO A | 74 |
| 5.1.2 Repavimentar con hormigón – Bache y Ahuellamiento. ANEXO B | 77 |
| 5.1.3 Reposición de capa asfáltica y base granular – Ahuellamiento. ANEXO C..... | 80 |
| 5.2 Análisis de gastos generales. ANEXO D | 82 |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Composición Pavimento Rígido..... | 18 |
| Figura 2 - Repartición de Cargas | 19 |
| Figura 3 - Composición Pavimento Flexible..... | 20 |
| Figura 4 - Composición Pavimento Semirrígido..... | 22 |
| Figura 5 - Esquema de fallas a estudiar | 48 |
| Figura 6 - Soluciones para baches con severidad alta | 49 |
| Figura 7 - Soluciones para Ahuellamiento con severidad media | 50 |
| Figura 8 - Procedimiento de reparación de todo el espesor..... | 52 |
| Figura 9 - Procedimiento de repavimentar con hormigón | 55 |
| Figura 10 - Procedimiento de reposición de carpeta asfáltica y base granular . | 57 |
| Figura 11 - Modelo de pavimento a estudiar..... | 57 |
| Figura 12 - Capas a reparar para cada tipo de metodología de reparación..... | 57 |

INDICE DE IMÁGENES

| | |
|--|----|
| Imagen 1 - Deterioro por fatigación de un pavimento flexible | 25 |
| Imagen 2 - Deterioro por bloques de un pavimento flexible | 26 |
| Imagen 3 - Deterioro de bordes de un pavimento flexible | 28 |
| Imagen 4 - Deterioro longitudinales de un pavimento flexible..... | 29 |
| Imagen 5 - Deterioro transversales de un pavimento flexible | 30 |
| Imagen 6 - Deterioro reflejadas de un pavimento flexible | 31 |
| Imagen 7 - Deterioro en parches de un pavimento flexible | 33 |
| Imagen 8 - Baches de un pavimento flexible | 34 |
| Imagen 9 - Baches de un tratamiento superficial | 35 |
| Imagen 10 - Ahuellamiento de un pavimento flexible..... | 36 |
| Imagen 11 - Deformación transversal de un pavimento flexible..... | 38 |
| Imagen 12 - Exudaciones de un pavimento flexible | 39 |
| Imagen 13 - Desgaste de un pavimento flexible | 40 |
| Imagen 14 - Pérdida de áridos de un pavimento flexible | 41 |
| Imagen 15 - Ondulaciones de un pavimento flexible | 42 |
| Imagen 16 - Descenso de berma en un pavimento flexible | 43 |
| Imagen 17 - Surgencia de finos y agua en un pavimento flexible | 44 |
| Imagen 18 - Separación entre berma y pavimento en pavimentos flexibles | 45 |

INDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1 - Niveles de severidad para baches | 48 |
| Tabla 2 - Niveles de severidad para ahuellamiento | 48 |
| Tabla 3 - Costos Directos – Reparación en todo el espesor | 59 |
| Tabla 4 - Costos Directos – Repavimentar con Hormigón | 59 |
| Tabla 5 - Costos Directos – Reposición de Capa Asfáltica y Base Granular | 60 |
| Tabla 6 - Gastos Generales – Valor de un día de trabajo | 60 |
| Tabla 7 - Carta Gantt – Reparación en todo el espesor para bache | 61 |
| Tabla 8 - Carta Gantt – Repavimentar con hormigón para bache..... | 61 |
| Tabla 9 - Carta Gantt – Repavimentar con hormigón para ahuellamiento | 62 |
| Tabla 10 - Carta Gantt – Reposición de capa asfáltica y base granular para ahuellamiento..... | 62 |
| Tabla 11 - Resumen Costos Directos en los 2 procedimientos para bache..... | 63 |
| Tabla 12 - Resumen Costos Generales en los 2 procedimientos para bache .. | 64 |
| Tabla 13 - Presupuesto total de cada procedimiento para bache | 65 |
| Tabla 14 - Resumen Costos Directos en los 2 procedimientos para ahuellamiento..... | 66 |
| Tabla 15 - Resumen Gastos Generales en los 2 procedimientos para ahuellamiento..... | 67 |
| Tabla 16 - Presupuesto total de cada procedimiento para ahuellamiento | 68 |

INDICE DE GRÁFICOS

| | |
|---|----|
| Gráfico 1 - Costos Directos - Baches | 63 |
| Gráfico 2 - Gastos generales - Baches | 64 |
| Gráfico 3 - Presupuesto Total - Baches | 65 |
| Gráfico 4 - Costos Directos -Ahuellamiento | 66 |
| Gráfico 5 - Gastos generales – Ahuellamiento..... | 67 |
| Gráfico 6 - Presupuesto Total - Ahuellamiento | 69 |

RESUMEN

El porcentaje mayor en relación a la red pavimentada en Chile corresponde a pavimentación con asfalto, estos por diferentes circunstancias pueden llegar a sufrir fallas. Para poder reparar estas, existen una serie de métodos, de los cuales en la investigación se desarrollará un estudio técnico – económico. Se llevará a cabo un estudio de 2 fallas en particular: Baches y Ahuellamiento, están serán modeladas y estudiadas en todas sus posibles soluciones de reparación.

En conjunto de las 2 fallas se determinaron 3 posibles soluciones, las cuales son: Reparación en todo el espesor, Repavimentación con hormigón y Reposición de carpeta asfáltica y base granular, Para la falla de bache se determina un nivel de severidad alta y para la de ahuellamiento un nivel de severidad media. El estudio técnico arrojó que la reparación en todo el espesor demora menos que la repavimentación con hormigón en el caso del bache y que la reposición de capa asfáltica y base granular demora menos que la repavimentación con hormigón en el caso del ahuellamiento, lo que implica un menor costo en lo que es gastos generales en los métodos que menos demoran. Lo mismo sucede en el caso de los costos directos, la reparación en todo el espesor nuevamente resulta ser la manera de reparar más económica en el caso del bache y para el ahuellamiento es también la reposición de capa asfáltica y base granular. Arrojando los siguientes porcentajes de ahorro en relación al otro método para cada tipo de falla, cuya modelación es independiente.

Bache: 40,15% de ahorro sobre la repavimentación con hormigón.

Ahuellamiento: 87,17% de ahorro la repavimentación con hormigón.

Esto es debido al material base que es utilizado para cada tipo de capa de pavimento y en la cantidad de capas que son intervenidas en cada metodología.

ABSTRACT

The highest percentage in relation to the paved network in Chile corresponds to paving with asphalt, these ones for different circumstances may suffer failures. To be able to repair these ones, there are a series of methods, of which a technical - economic study will be developed in the research. A study of 2 failures in particular will be carried out: Potholes and Trace on pavement, they will be modeled and studied in all possible repair solutions

In total of the 2 failures, 3 possible solutions were determined, which are: Full thickness repair, Concrete resurfacing and Asphalt folder replacement and granular base, for the pothole failure a high severity level is determined and for the trace on pavement a level of average severity. The technical study showed that repair over the whole thickness takes less time than repaving with concrete in the case of the pothole and that the replacement of asphalt layer and granular base takes less time than resurfacing with concrete in the case of trace on pavement, which implies a lower about general expenses in the methods with least delay. The same happens in the case of direct costs, the repair over the whole thickness again turns out to be the most economical way to repair in the case of the pothole and for the trace on pavement is also the replacement of asphalt layer and granular base. Throwing the following percentages of savings in relation to the other method for each type of failure, whose modeling is independent.

Pothole: 40.15% savings on repaving with concrete.

Trace on pavement: 87.17% saving the resurfacing with concrete.

This is due to the base material that is used for each type of pavement layer and in the number of layers that are intervened in each methodology.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes Generales.

La red vial nacional hasta diciembre 2014, se reparte de la siguiente manera en cuanto a longitud en kilómetros, en lo que refiere a red pavimentada:

- Red vial pavimentada con asfalto: 19.975,02 km.
- Red vial pavimentada con hormigón: 1.846,44 km.
- Red vial pavimentada con asfalto/hormigón: 527,01 km.
- Red vial pavimentada como caminos básicos intermedios: 207,18 km.

De la red vial nacional conocida hasta diciembre de 2014 una longitud de 22.555,65 kilómetros está pavimentada con una de las soluciones mencionadas anteriormente. Sumando a esta cifra, 11.328,53 kilómetros que tratadas con soluciones básicas, y por último, 46.916,83 kilómetros correspondientes a vías no pavimentadas que suelen ser caminos de ripio o tierra.

Con las cifras conocidas anteriormente, podemos determinar que la red vial nacional tiene una magnitud de 77.801,01 kilómetros.

1.2 Contextualización.

La red vial pavimentada con asfalto es del 22,16% de la totalidad de caminos en Chile. Se entiende que todo pavimento requiere de mantención, si esta no es realizada periódicamente o de la manera correcta, el pavimento perderá sus propiedades, produciéndose fallas en él. Estas fallas pueden ser de fisuras o grietas, de deterioros superficiales o de deficiencias estructurales.

Se buscará en la investigación el estudio técnico y económico de las fallas por deterioro superficial, específicamente los baches en carpetas asfálticas y los ahuellamientos. Cabe destacar que el estudio se centra en pavimentos asfálticos.

Con respecto al estudio, se determinará cuál es la metodología de reparación más apropiada, que permita reducir recursos y optimizar costos. Esto también se verá afectado por el nivel de deterioro que tenga la falla, es decir, el nivel de severidad.

1.3 Problematización.

Los pavimentos están sometidos constantemente a la influencia de cargas, a veces hasta muy por sobre de la sollicitación establecido en el diseño. A su vez, puede estar sometido bajo adversas condiciones climáticas.

Todos estos factores disminuyen la vida útil de la estructura, por lo que si no es sometido a un buen y constante mantenimiento estos pueden sufrir fallas. Estas que pueden perjudicar a largo plazo el paquete estructural, ya que dependiendo del nivel de severidad se puede necesitar hasta una reconstrucción total, situación, que implicaría un elevado costo y problemas de tránsito, debido a los desvíos provisionales que se necesitarán realizar para poder intervenir en el camino dañado.

1.4 Preguntas de investigación.

1.4.1 Pregunta general.

- ¿Qué método de reparación para pavimentos flexibles de mediano y bajo tránsito es mejor, refiriéndonos a dos tipos de fallas en específicas?, baches y ahuellamiento.

1.4.2 Preguntas específicas.

- ¿Qué metodología de reparación de pavimentos flexibles es mejor?, en cuanto a temas técnicos, como: materialidad, procesos constructivos, pro y contras y resultado final de las dos fallas escogidas a estudiar.

- ¿Qué metodología de reparación de pavimentos flexibles es mejor?, en cuanto a temas de costos, sin que este afecte la calidad final de la reparación de las dos fallas escogidas a estudiar.

1.5 Objetivos de investigación.

1.5.1 Objetivo General.

- Optimizar la reparación de los pavimentos de asfalto, utilizando para tal efecto las tecnologías conocidas más apropiadas de reparación.

1.5.2 Objetivos Específicos.

- Realizar una evaluación técnica, para definir la medida de reparación que se utilizará.
- Realizar una evaluación económica que permita optimizar recursos y reducir costos.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Caminos.

Rutas terrestres, cuya función es conectar todos los puntos posibles de un lugar, reduciendo así zonas aisladas. La conectividad puede llegar a promover el desarrollo económico, turístico y cultural de la zona.

2.2 Pavimentos.

Pavimento está definido por una serie de capas sucesivas, construidas una sobre otra, sobrepuestas sobre la subrasante, cada una de estas capas debe ser compactada antes de construir la siguiente, todo esto tiene un procedimiento ya definido. El pavimento tiene la finalidad y la función de cumplir:

- Debe cumplir con la capacidad de resistir las cargas a las que será sometido, todo esto va bajo un diseño estructural previo a la construcción, la carga impuesta al pavimento no debe sobrepasar la capacidad límite de soporte de la subrasante.
- Su capa de rodadura, debe ser lo más regular posible, tiene como función principal hacer sentir al conductor un buen confort al transitar sobre él.
 - Capa de rodadura: Última capa del paquete estructural del pavimento, estando en directo contacto con las ruedas de los vehículos que por él transitarán.
- Los pavimentos deben contar además con un sistema de drenaje previo al diseño: bombeo y peralte.
 - Bombeo: $(-4\% \leq B \leq -2\%)$ Es una inclinación transversal del pavimento en tramos rectos, cuya finalidad es el escurrimiento del agua, para que esta no quede depositada sobre él, ya que esto puede dañar la estructura.

- Peralte: $(-8\% \leq P \leq 8\%)$ Es una inclinación transversal del pavimento en tramos curvos, cuya finalidad es el escurrimiento del agua, para que esta no quede depositada sobre él, ya que esto puede dañar la estructura. A su vez cumple una acción física que permite al auto no salir de la trayectoria de la pista al momento de tomar la curva.

- Uno de los temas más importantes en cuanto a edificaciones de cualquier tipo, es el tema económico, por lo que desde un comienzo se busca construir algo durable, así también, el pavimento debe garantizar cierta vida útil, que será definido en las condiciones de diseño.

2.3 Factores para el diseño de un pavimento.

Los factores de diseño son fundamentales al momento de tener que elegir qué tipo de pavimento construir, además de que capas construir y sus espesores respectivos. La finalidad de todo el proceso de diseño es buscar el pavimento más óptimo para el tránsito en particular del lugar, optimizando costos y construyendo un pavimento que sea de la más larga vida útil posible. Los criterios de diseño serán dispuestos de la siguiente forma:

- Concepto Integral de un buen diseño: Conocimiento que se debe tener en consideración fuera de todo cálculo estudiado, toma en consideración condiciones climáticas locales comportamientos de suelos y experiencias en proyectos anteriores.
- Módulo Resiliente (M_r): Parámetro utilizado para representar las propiedades de los suelos de la subrasante en el diseño de pavimentos asfálticos según el método AASHTO. Se determina mediante un ensaye triaxial cíclico sobre una probeta sometida a una carga pulsante de duración definida.

- **Módulos Elásticos de Capas Sucesivas:** Los módulos elásticos de las capas son crecientes desde la subrasante hacia la superficie, por lo que siempre debe estructurarse considerando esta condición.
- **Profundidad a que Afectan las Solicitaciones:** Se alcanza en pavimentos flexibles hasta unos 2m por debajo de la rasante y en rígidos hasta 3m.
- **Asfaltos Elastoméricos:** Se obtiene al modificar el cemento asfáltico con un polímero, resultando un ligante de características reológicas mejoradas, presenta ventajas al utilizarlo en zonas de temperaturas ambientales extremas.
- **Localización de los Materiales:** Es necesario que proyectista indique las disponibilidades locales de materiales que requerirán en el diseño, incluyendo la disponibilidad de agua.
- **Ejes equivalentes (EE):**

$$\text{Factor EE} \times = \frac{(\text{Número de ejes de 80 kN que causan una determinada pérdida de serviciabilidad})}{(\text{Número de ejes de X peso (kN) que causan la misma pérdida de serviciabilidad})}$$

- **Tránsito Medio Diario Anual (TMDA):** Indicador que define el total de vehículos que circula como promedio diario en un año. La clasificación de TMDA es separado en:
 - Automóviles.
 - Camionetas.
 - Buses interurbanos.
 - Camiones de dos ejes.
 - Camiones de dos más ejes.

El cálculo del TMDA es calculado bajo la siguiente fórmula:

$$TMDA = Tránsito (en 12 hrs) \times CEH \times CCE$$

CEH: Coeficiente de expansión horaria ($1,15 < CEH < 2,00$)

CCE: Coeficiente de corrección estacional

- Tasas de Crecimiento: El cálculo de las solicitudes debe considerar que habitualmente el TMDA varía año a año, por lo que se debe contar con un estudio previo que determine las tasas de variación del volumen de tránsito, normalmente diferentes para cada tipo de vehículo.
- Serviciabilidad: El pavimento se diseña para que sirva por un determinado lapso llamado vida de diseño, que se refiere al periodo durante el cual la serviciabilidad se mantiene dentro de ciertos límites; terminada la vida útil de diseño deberá rehabilitarse.
- Confiabilidad: El grado de confiabilidad del diseño se controla por el factor de confiabilidad (F_r) que es función de un valor asociado al nivel de confianza de la distribución normal (Z_r) y de la desviación normal del error combinado (S_o) de todos los parámetros que intervienen en el comportamiento del pavimento.
- Drenaje.

2.4 Tipos de pavimentos.

Esta estructura puede ser construida bajo diferentes tipos de materiales; los pavimentos se clasifican en: Pavimentos rígidos, pavimentos flexibles y pavimentos semirrígidos.

2.4.1 Pavimentos rígidos.

“Pavimento formado por una capa de rodadura de alta rigidez y por una base de apoyo de material seleccionado y/o tratado. Esta última se puede omitir si el material de fundación es apropiado. Normalmente, están constituidos por losas de hormigón de cemento hidráulico, simple o reforzado, colocadas sobre una subbase de agregado granular. Debido a la rigidez del sistema, las cargas de ruedas son soportadas principalmente por la resistencia a la flexión de las losas de hormigón, disipándose ampliamente su efecto en el suelo bajo la subrasante”. (Manual de Carretera, Volumen 7, 2016)

La capa de rodadura, está compuesta por diferentes tipos de materiales, que en conjunto conforman hormigón, material de alta dureza que se comporta de manera excelente a la compresión, esto lo hace ideal para soportar cargas de tránsito. Esta capa puede ir o no reforzada con armadura.

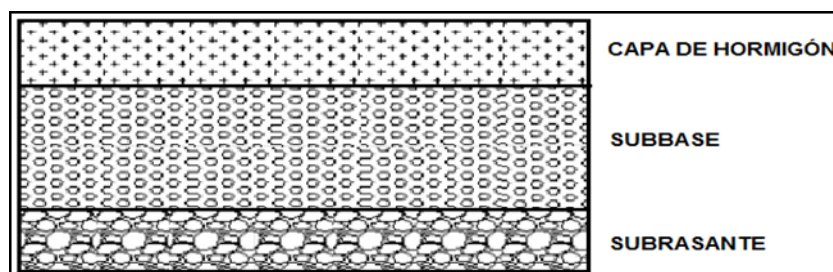
Los materiales que componen el hormigón son: Agua, cemento, áridos y posible inclusión de aditivos.

- Agua: Sustancia líquida, constituida por hidrógeno y oxígeno, para poder ser ocupada en la conformación del hormigón debe cumplir la característica que sea potable, posible de consumir.
- Cemento: Es un polvo, que viene de la mezcla de arcilla y caliza, al tomar contacto con el agua, funciona como material aglutinante, formando una pasta que adhiere los elementos que conformarán el hormigón.

- Áridos: “Material pétreo compuesto de partículas duras, de forma y tamaño estable”. (Nch163.Of79). Estas partículas pueden ser de diferentes tamaños y deben estar limpias para ser usadas en la composición del hormigón. Los áridos deben ser pasados por un ensayo granulométrico que estará dado bajo diseño según el tipo de hormigón que se quiera componer.
- Aditivos: “Material aditivo agregado al hormigón en pequeñas cantidades para modificar alguna de sus propiedades por acción física, química o físico-química”. (Nch2182.Of95). Aditivos hay de varios tipos, algunos pueden ser: Plastificantes, retardadores, aceleradores, plastificantes y retardadores, plastificantes y aceleradores, supeplastificantes, superplastificantes y retardadores, incorporadores de aire, entre otros.

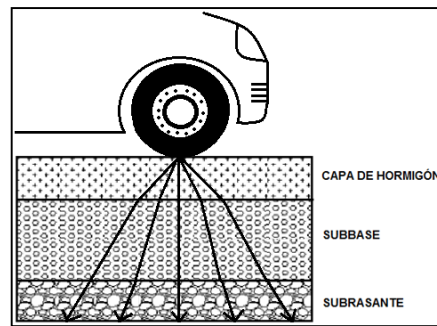
El paquete estructural de un pavimento rígido se compone de la forma que muestra la figura 1. En ocasiones se ocupa una capa más, base, entre la subbase y la subrasante, cuando por temas de cálculos lo amerita. La función de la capa de hormigón es repartir la carga a la subbase que un vehículo pueda accionar al pavimento, como así también la subbase es la encargada de repartir aún más las cargas hacia la subrasante. Así la carga llega a la subrasante lo más disipada posible, reduciendo el esfuerzo que está debe hacer. La idea de disipar la carga se grafica en la figura 2.

Figura 1 - Composición Pavimento Rígido



Elaboración propia.

Figura 2 - Repartición de Cargas



Elaboración propia.

2.4.1.1 Proceso constructivo de pavimentos rígidos.

- Escarpes del terreno.
- Realización de las excavaciones de movimiento de tierras necesarias para realizar la línea de proyecto.
- Preparación de la subrasante.
- Compactación de la subrasante.
- Preparación de la subbase.
- Compactación de la subbase.
- Preparación de los moldajes laterales, ya sea contra terreno o por medio de estacas.
- Colocación de armadura del pavimento, si el diseño así lo requiere.
- Colocación del hormigón.
- Vibrado del hormigón.
- Controles de calidad.
- Realización de las juntas en fresco del hormigón.
- Terminación superficial.
- Curado del hormigón.

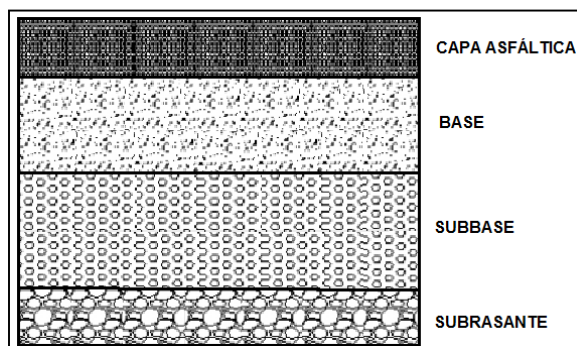
2.4.2 Pavimentos flexibles.

“Pavimento formado por una o varias capas asfálticas y/o materiales seleccionados o tratados, de módulos elásticos decrecientes con la profundidad. Normalmente, la capa de rodadura corresponde a una mezcla asfáltica o a una capa asfáltica de protección y las capas profundas, a materiales granulares de tipo base o subbase. En este caso, las cargas de ruedas son resistidas principalmente por la capacidad del sistema de absorber deformaciones, que le es conferida por las características de sus capas constitutivas y del suelo de fundación”. (Manual de Carretera, Volumen 7, 2016)

Las ventajas de realizar un pavimento flexible, es que debido a su gran cantidad de asfalto, tiene la propiedad de ser:

- Un pavimento impermeable, es un buen impedimento a factores adversos a ser penetrado, evitando así daños en sus bases inferiores.
- Posee propiedades adherentes y cohesivas que le permiten formar una única estructura. Otorgando resistencia mecánica y al desgaste.
- Al ser un material flexible, es elástico por lo que tiende a sufrir deformaciones y volver a su estado original, siempre que sean cargas para lo cual fue diseñado.

Figura 3 - Composición Pavimento Flexible



Elaboración propia.

2.4.2.1 Capas de un pavimento flexible.

Previo a caracterizar las capas que componen el paquete estructural de un pavimento flexible, es necesario conocer términos que se asocian a este, como:

- Paquete estructural: Conjunto de capas estructurales que forman un pavimento; desglose de un paquete estructural asfáltico: Capa asfáltica, Base, Subbase.
 - Rasante: Es la última cota del paquete estructural, cota a nivel de paquete terminado
 - Subrasante: Es la cota de inicio del paquete estructural, a su vez, es la cota de término del movimiento de tierra previo a la construcción del paquete estructural.
- Definido estos conceptos básicos de pavimentos, las capas del paquete estructural se dividen en:

- Capa asfáltica: Es la capa de rodado que consiste en una mezcla de agregados pétreos y asfalto, siendo este último la base de este tipo de pavimento. El asfalto es un material que se puede encontrar en varias consistencias, caracterizado por ser de color oscuro, uno de los componentes más importantes del asfalto es un derivado del petróleo, el bitumen, con función aglutinante.
- Base: Su función principal es transmitir y repartir las cargas a la que es sometido el pavimento a las capas inferiores: subbase y subrasante.
- Subbase: Es una capa granular que actúa como filtro para que partículas de material fino no se introduzcan dañando la subrasante, es la última capa previo a la subrasante, la subbase debe transmitir aún más disipadas las cargas que están accionando el pavimento.

La finalidad de cada capa descrita anteriormente tiene por finalidad disipar las cargas a las que será sometido el paquete estructural. Para así lograr un menor CBR en la capa más inferior.

El espesor de cada capa y la utilización de ella dependerán de diseños previos.

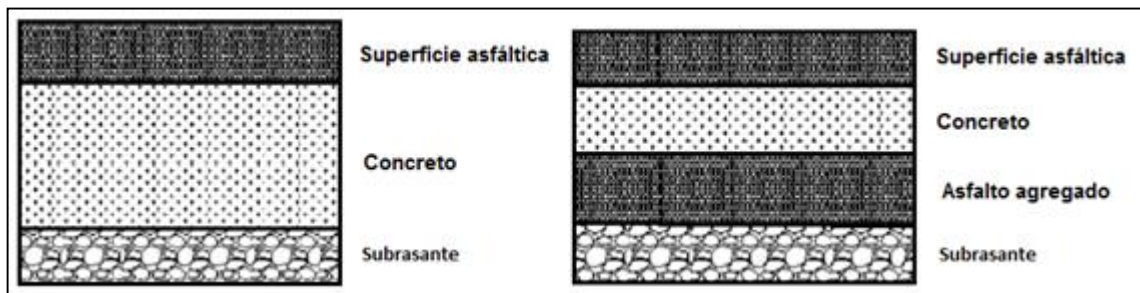
2.4.2.2 Proceso constructivo de pavimentos flexibles.

- Preparación de la subrasante.
- Compactación de la subrasante.
- Barrido de la superficie.
- Imprimación del ligante bituminoso sobre la superficie.
- Colocación del asfalto sobre la superficie, con la ayuda de una maquina terminadora (Finisher).
- Controles de calidad.
- Compactación de la superficie con compactadora neumático o rodillo liso.
- Realización de juntas transversales. (En caso de ser necesario)
- Realización de juntas longitudinales. (En caso de ser necesario)

2.4.3 Pavimentos semirrígidos.

“Pavimento que se caracteriza por emplear como capa de rodadura una mezcla asfáltica y tener al menos una capa inferior de material de agregado granular aglomerado con cemento, como base tratada con cemento, base de grava cemento, hormigón compactado con rodillo u otros materiales similares”. (Manual de Carretera, Volumen 7, 2016)

Figura 4 - Composición Pavimento Semirrígido



Elaboración propia.

2.5 Fallas de pavimento:

Las fallas en los pavimentos, sea de cualquier tipo, suelen ser muy comunes y un problema muy grande para las autoridades que están a cargo del buen funcionamiento de los caminos. Las fallas de pavimentos se pueden originar tanto en el exterior del paquete estructural como en el interior, en cuanto a agentes externos nos referimos. Las causas de fallas pueden ser:

- Espesor de alguna o todas las capas del paquete estructural inadecuado para la carga que será expuesta.
- Mal sistema de drenaje, siendo el agente adverso, el agua atacando y penetrando las capas de pavimento, dañando así la vida útil del paquete.
- Una mezcla asfáltica muy rígida, refiriéndonos a los pavimentos flexibles.
- Baja capacidad de soporte de la subrasante.
- Falta de confinamiento del paquete estructural, causando mala adherencia entre carpetas de losas.
- Asentamientos de capas inferiores por compactaciones mal realizadas
- Juntas de losas mal realizadas.

2.5.1 Tipos de fallas en pavimentos flexibles:

2.5.1.1 Fisuras y grietas: (Catalogo de Deterioro de Pavimentos, 2000)

Fisura son las grietas inferiores a 3 milímetros.

- Por fatigamiento:
 - Identificación: Visualmente son una serie de grietas conectadas entre sí, semejante al revestimiento de una pelota de fútbol, se dan en la zona de la calzada con mayor sollicitación de carga.
 - Causas: Espesor de capas inapropiado para la carga que se le impondrá; subrasante de baja capacidad de soporte; mal diseño de bombeo y/o peralte, por lo tanto, un mal funcionamiento del drenaje de la calzada y por último mezcla asfáltica muy rígida.
 - Nivel de deterioro:
 - Nivel bajo de deterioro: El ancho de las grietas no supera los 3 milímetros en su gran mayoría, en su superficie no hay presencia de finos que provengan de capas inferiores, las grietas aún no están conectadas entre sí.
 - Nivel medio de deterioro: Las grietas ya comienzan a conectarse, los bordes de ella pueden presentar saltaduras, en su superficie no hay presencia de finos que provengan de capas inferiores.
 - Nivel alto de deterioro: Gran salteado en los bordes de las grietas, algunas de estas grietas pueden estar suelta y/o desprendidas del paquete estructural; la mayor característica es la presencia de finos en la superficie proveniente de la base del paquete estructural.

- Solución:
 - Solución para deterioro bajo: Colocación de sello o lechada asfáltica en las zonas afectadas.
 - Solución para deterioro medio: Colocación de sello o lechada asfáltica en todo el pavimento.
 - Solución para deterioro alto: Rehacer las capas de pavimentos que se encuentran con este tipo de deterioro.

Imagen 1 - Deterioro por fatigación de un pavimento flexible



Fuente: <http://www.fallasenpavimentoflexible.blogspot.com>

- En bloques:
 - Identificación: Fragmentación del pavimento en trozos rectangulares de diferentes dimensiones.
 - Causas: Puede ser causa de una mezcla asfáltica muy rígida; un espesor de pavimento inadecuado o baja capacidad de soporte de la subrasante.
 - Nivel de deterioro:
 - Nivel bajo de deterioro: El ancho de sus fisuras es menor o igual a 3 milímetros y sus grietas tienen un ancho que no se puede determinar, pero se encuentra en buenas condiciones.

- Nivel Medio de deterioro: El ancho de sus grietas son superiores a 3 milímetros e inferiores o iguales a 20 milímetros.
 - Nivel Alto de deterioro: El ancho de las grietas superan los 20 milímetros, rodeadas de un agrietamiento de alto deterioro.
- Solución:
 - Solución para deterioro bajo: La solución se da por medio de un sello o lechada asfáltica en toda la superficie.
 - Solución para deterioro medio: Para el deterioro medio, se realiza el mismo procedimiento que en un deterioro bajo.
 - Solución para deterioro alto: Recarpeteo, realizar la carpeta asfáltica de nuevo, realizando un sello previo en las grietas existentes.

Imagen 2 - Deterioro por bloques de un pavimento flexible



Fuente: Manual de Carretera Vol7 - Catalogo de Deterioro de Pavimentos, 2000.

- De borde:
 - Identificación: Originados en los bordes del pavimento, tiene forma de medialunas, están puede tener una longitud de hasta 600 milímetros del borde de la calzada hacia el eje de la calzada.

- Causas: Se da comúnmente en ocasiones donde la berma no está pavimentada, por lo que el pavimento no tiene el confinamiento requerido.
- Nivel de deterioro:
 - Nivel bajo de deterioro: Fisuras sin saltaduras en los bordes y sin pérdida de mezcla asfáltica.
 - Nivel Medio de deterioro: Grietas con algunas saltaduras en los bordes, con pérdida de mezcla asfáltica, bajo el 10% de la longitud del tramo afectado.
 - Nivel Alto de deterioro: Notorias y considerables saltaduras en los bordes de las grietas, con pérdida de mezcla asfáltica, sobre el 10% de la longitud del tramo afectado.
- Solución:
 - Solución para deterioro bajo: Reconstrucción de la berma, colocando material perfectamente compactado y revestido con algún tratamiento superficial, sellando a su vez todas las áreas del pavimento afectadas.
 - Solución para deterioro medio: Esta solución corresponde a la misma por solución para deterioro bajo.
 - Solución para deterioro alto: Reconstrucción de la franja del pavimento afectado, reconstrucción de bermas colocando material compactado y revestido de un tratamiento superficial.

Imagen 3 - Deterioro de bordes de un pavimento flexible



Fuente: Manual de Carretera Vol7 - Catalogo de Deterioro de Pavimentos, 2000.

- Longitudinales:
 - Identificación: Fisura o grietas que son paralelas al eje de la calzada, es decir, van de manera longitudinal al camino, los lugares más habituales donde estas surgen son: En el mismo eje de la calzada o en los lugares donde pasan las ruedas de los vehículos.
 - Causas: Cuando estas surgen en el eje de la calzada es por un mal proceso constructivo; por una mezcla asfáltica muy rígida, por una constante carga en zonas particulares, como es el caso de las que surgen en el paso de las ruedas de los vehículos; También surgen por asentamientos que le pueden ocurrir a bases inferiores, base o subrasante, por compactaciones mal realizadas.
 - Nivel de deterioro:
 - Nivel bajo de deterioro: Ancho de las fisuras menores a 3 milímetros y grietas sin posibilidad de determinar su ancho.
 - Nivel Medio de deterioro: El ancho de las grietas van desde los 3 milímetros hasta los 20 milímetros, estas rodeadas por grietas baja severidad.

- Nivel Alto de deterioro: El ancho de las grietas superan los 20 milímetros, o alguna grieta de ancho medio menor a 20 milímetros y rodeada por grietas de media o alta severidad.
- Solución:
 - Solución para deterioro bajo: Realizar sellado de grietas con el material según corresponda. Mezcla asfáltica.
 - Solución para deterioro medio: Realizar mismo procedimiento que deterioro bajo.
 - Solución para deterioro alto: Realizar mismo procedimiento que deterioro bajo y medio.

Imagen 4 - Deterioro longitudinales de un pavimento flexible



Fuente: <https://www.cuevadelcivil.com>

- Transversales:
 - Identificación: Fisuras y grietas que son perpendiculares al eje de la calzada, transversales respecto al camino.
 - Causas: Mezclas asfálticas muy rígidas, juntas mal realizadas.
 - Nivel de deterioro:
 - Nivel bajo de deterioro: Fisuras no selladas de ancho inferiores a 3 milímetros, o grietas selladas en buen estado que impide determinar el ancho.

- Nivel Medio de deterioro: El ancho de la grieta va desde los 3 milímetros hasta los 20 milímetros rodeados por grietas de severidad baja o media.
 - Nivel Alto de deterioro: En ancho de la grieta supera los 20 milímetros rodeadas por grietas de severidad alta.
- Solución:
 - Solución para deterioro bajo: La reparación se realiza bajo un proceso de sellado con lechada asfáltica.
 - Solución para deterioro medio: Se realiza por el mismo método de solución de deterioro bajo.
 - Solución para deterioro alto: Recarpetear con espesor adecuado o en su defecto, reconstruir completamente la carpeta.

Imagen 5 - Deterioro transversales de un pavimento flexible



Fuente: <https://www.pinterest.cl>

- Reflejadas:
 - Identificación: Fisuras y grietas presentadas en pavimentos de asfalto que están sobre pavimentos de hormigón, estas grietas coinciden entre sí.
 - Causas: Las grietas son reflejadas al pavimento de asfalto producto del movimiento del pavimento de hormigón inferior.

- Nivel de deterioro:
 - Nivel bajo de deterioro: Fisura sin sello con un ancho inferior a los 3 milímetros o grietas selladas en buen estado sin la posibilidad de determinar su ancho.
 - Nivel Medio de deterioro: El ancho de la grieta va desde los 3 milímetros hasta 20 milímetros y es rodeada por agrietamiento de baja severidad.
 - Nivel Alto de deterioro: Grietas superiores a 20 milímetros rodeada por agrietamientos de media o alta severidad.
- Solución:
 - Solución para deterioro bajo: La reparación se realiza bajo un proceso de sellado con lechada asfáltica.
 - Solución para deterioro medio: Se ocupa la misma reparación que un deterioro bajo.
 - Solución para deterioro alto: Se debe colocar un o más capas de espesores adecuados para que retarden la aparición de las grietas reflejadas, previamente se deben sellar todas las juntas y grietas del pavimento inferior y en las zonas de mayor deterioro se debe reparar el pavimento.

Imagen 6 - Deterioro reflejadas de un pavimento flexible



Fuente: Manual de Carretera Vol7 - Catalogo de Deterioro de Pavimentos, 2000.

2.5.1.2 Deterioro superficial: (Catalogo de Deterioro de Pavimentos, 2000)

- Parches deteriorados:
 - Identificación: Son áreas de pavimentos que ya habían sido reparadas por medio de parches, siendo estos parches los deteriorados.
 - Causas: Principalmente es por ser una solución provisoria, no es una solución al problema original. Otra razón puede ser que el parche no era lo suficientemente resistente para el nivel de sollicitación requerido o finalmente por una mala construcción del parche, con una base compactada de manera insuficiente o una mezcla mal diseñada.
 - Nivel de deterioro:
 - Nivel bajo de deterioro: Ascenso o asentamiento del perímetro es de manera casi imperceptible.
 - Nivel medio de deterioro: Ascenso o asentamiento del perímetro no supera los 5 milímetros.
 - Nivel alto de deterioro: Ascenso o asentamiento del perímetro supera los 5 milímetros.
 - Solución:
 - Solución para deterioro bajo: Recubrimiento del área con un sello
 - Solución para deterioro medio: Recubrimiento del área con un sello, al igual que un deterioro bajo.
 - Solución para deterioro alto: Reparación, se debe extraer el parche y las capas inferiores hasta donde sea necesario.

Imagen 7 - Deterioro en parches de un pavimento flexible



Fuente: Manual de Carretera Vol7 - Catalogo de Deterioro de Pavimentos, 2000.

- Baches en carpetas asfálticas:
 - Identificación: Agujero comúnmente redondo, que se origina producto del desprendimiento de la mezcla asfáltica, para ser considerado bache su diámetro mayor debe superar los 150 milímetros.
 - Causas: Pavimento no adecuado para la solicitud de cargas requerido, ataque de agentes externos como el agua por un mal sistema de drenaje. También puede surgir producto de un defecto de la construcción. Derrame de líquidos químicos sobre él y por último quema de objetos sobre el pavimento.
 - Nivel de deterioro:
 - Nivel bajo de deterioro: Profundidad del bache menor a 30 milímetros.
 - Nivel medio de deterioro: Profundidad del bache entre 30 milímetros y 50 milímetros.
 - Nivel alto de deterioro: Profundidad del bache superior a 50 milímetros.

- Solución:
 - Solución para deterioro bajo: Remover el área dañada hasta la profundidad que sea necesaria y rellenar con la mezcla asfáltica en frío o en caliente.
 - Solución para deterioro medio: Se realiza del mismo método que el deterioro bajo.
 - Solución para deterioro alto: Se realiza del mismo método que el deterioro bajo y medio.

Imagen 8 - Baches de un pavimento flexible



Fuente: Manual de Carretera Vol7 - Catalogo de Deterioro de Pavimentos, 2000.

- Baches en tratamientos superficiales:
 - Identificación: Agujero comúnmente redondo, que se origina producto del desprendimiento del tratamiento y a veces también de la base, para ser considerado bache su diámetro mayor debe superar los 150 milímetros.
 - Causas: Tratamiento estructuralmente insuficiente para el nivel de sollicitación requerido. Mal sistema de drenaje. Defecto de construcción, Derrame de solventes, como lo es la bencina o el petróleo y por último quema de objetos sobre el tratamiento.

- Nivel de deterioro:
 - Nivel bajo de deterioro: Profundidad del bache apenas imperceptible.
 - Nivel medio de deterioro: Profundidad del bache inferior a 20 milímetros o del espesor del tratamiento superficial.
 - Nivel alto de deterioro: Profundidad del bache superior a 20 milímetros o del espesor del tratamiento superficial.
- Solución:
 - Solución para deterioro bajo: Remover el área dañada hasta la profundidad necesaria para la reconstrucción sólo del tratamiento, Sellando el sector si es intensivo el deterioro.
 - Solución para deterioro medio: Se realiza el mismo método que un deterioro bajo.
 - Solución para deterioro alto: Remover la parte de la base dañada hasta la profundidad necesaria, reconstruyendo el tratamiento.

Imagen 9 - Baches de un tratamiento superficial



Fuente: Manual de Carretera Vol7 - Catalogo de Deterioro de Pavimentos, 2000.

- Ahuellamiento:
 - Identificación: Descenso longitudinal que ocurre en el lugar por donde transitan las ruedas de los vehículos.

- Causas: Compactación insuficiente de la base y/o mezcla asfáltica. Falta de capacidad de soporte de la base. Diseño inadecuado de la mezcla asfáltica, exceso de asfalto o ligante muy blando.
- Nivel de deterioro:
 - Nivel bajo de deterioro: Profundidad del ahuellamiento inferior a 20 milímetros.
 - Nivel medio de deterioro: Profundidad del ahuellamiento entre 20 milímetros a 40 milímetros.
 - Nivel alto de deterioro: Profundidad del ahuellamiento superior a 40 milímetros.
- Solución:
 - Solución para deterioro bajo: Relleno de la huella con mezcla asfáltica, Slurry Seal (Lechada asfáltica) con tamaño máximo ½" hasta nivelarlo con la cota de la rasante.
 - Solución para deterioro medio: Relleno de la huella con mezcla asfáltica y luego cubrir toda la calzada con una capa asfáltica de un mínimo de 50 milímetros.
 - Solución para deterioro alto: Realizar un frezado de toda la superficie de la capa asfáltica y reemplazarlas por otras que sí den una capacidad de soporte adecuada a la carga solicitante.

Imagen 10 - Ahuellamiento de un pavimento flexible



Fuente: Manual de Carretera Vol7 - Catalogo de Deterioro de Pavimentos, 2000.

- Deformación transversal:
 - Identificación: Especialmente ubicadas en los bordes de la calzada, se caracteriza por realizarse un hundimiento en la huella y una elevación de las zonas vecinas.
 - Causas: Capacidad estructural inadecuada para el nivel de solicitaciones, falta de ligamento entre base granular y las capas asfálticas. También puede surgir por exceso de asfalto o una inadecuada mezcla.
 - Nivel de deterioro:
 - Nivel bajo de deterioro: Distancia entre en fondo de la huella y el punto más alto del levantamiento inferior a 20 milímetros.
 - Nivel medio de deterioro: Distancia entre en fondo de la huella y el punto más alto del levantamiento desde 20 milímetros a 40 milímetros.
 - Nivel alto de deterioro: Distancia entre en fondo de la huella y el punto más alto del levantamiento superior a 40 milímetros.
 - Solución:
 - Solución para deterioro bajo: Relleno con Cape-Seal a la huella hasta el punto de nivelar con la superficie.
 - Solución para deterioro medio: Reparar el área dañada, reemplazando la o las capas asfálticas deterioradas.
 - Solución para deterioro alto: Reparar el área dañada, reemplazando la o las capas asfálticas deterioradas y la base subyacente.

Imagen 11 - Deformación transversal de un pavimento flexible



Fuente: <https://www.emaze.com/@AZQIZLZR>

- Exudaciones:
 - Identificación: Presencia de asfalto en la superficie sin contenido de áridos. De carácter brillante y pegajoso.
 - Causas: Mala dosificación de la mezcla, exceso de asfalto en la mezcla, ligantes muy blandos o volúmenes de huecos insuficientes.
 - Nivel de deterioro:
 - Nivel bajo de deterioro: Un área presenta un color más oscuro que el resto del pavimento
 - Nivel medio de deterioro: Cambio de textura superficial debido al asfalto que se encuentra en la superficie.
 - Nivel alto de deterioro: La zona afectada se torna brillante, casi sin poder visualizar el árido. Pegajoso en altas temperaturas ambientales.
 - Solución:
 - Solución para deterioro bajo: Sellar la superficie.
 - Solución para deterioro medio: Fresar en frío de 10 a 15 milímetros la capa asfáltica y reemplazarlos por una nueva carpeta con un mayor porcentaje de huecos en la mezcla.

- Solución para deterioro alto: Mismo procedimiento que un deterioro medio.

Imagen 12 - Exudaciones de un pavimento flexible



Fuente: Manual de Carretera Vol7 - Catalogo de Deterioro de Pavimentos, 2000.

- Desgaste:
 - Identificación: Notoria perdida superficial de la capa de rodadura, dejando expuestos los áridos más gruesos.
 - Causas: Utilización de áridos poco tenaces, susceptibles de pulimiento.
 - Nivel de deterioro: No se determina niveles de deterioro, se realizan estudios sobre la reducción que presenta la resistencia al deslizamiento, coeficiente de fricción.
 - Solución: Las soluciones recubrir la superficie con una carpeta de rodaduras no menor a 50 milímetros de espesor, ocupando áridos adecuados.

Imagen 13 - Desgaste de un pavimento flexible



Fuente: : Manual de Carretera Vol7 - Catalogo de Deterioro de Pavimentos, 2000.

- **Perdida de áridos:**
 - **Identificación:** Se genera perdida de mortero asfáltico, quedando expuestos los áridos gruesos, concentrándose en las huellas.
 - **Causas:** Con la perdida de mortero asfáltico se produce una mala adherencia de árido y ligantes. También ocurre por una mezcla asfáltica mal diseñada: áridos sucios, ligante inadecuado o esparcimiento no uniforme.
 - **Nivel de deterioro:**
 - **Nivel bajo de deterioro:** Perdida no significativa de áridos o ligante. La profundidad de la huella es menor a 20 milímetros.
 - **Nivel medio de deterioro:** Existe perdida de árido y ligante, superficie irregular. Pérdida de áridos finos y gruesos. La profundidad de la huella es igual o superior a 20 milímetros.
 - **Nivel alto de deterioro:** Pérdidas muy significativas de áridos y ligantes, lo cual produce una superficie muy rugosa, pérdida importante de árido grueso.

- Solución:
 - Solución para deterioro bajo: Colocar un sello o lechada asfáltica para detener el proceso.
 - Solución para deterioro medio: Colocar una nueva carpeta asfáltica de rodadura no menor a 50 milímetros.
 - Solución para deterioro alto: Mismo procedimiento que el deterioro medio.

Imagen 14 - Pérdida de áridos de un pavimento flexible



Fuente: Manual de Carretera Vol7 - Catalogo de Deterioro de Pavimentos, 2000.

- Ondulaciones:
 - Identificación: Deformaciones en forma de valles o crestas en el pavimento de manera longitudinal, suele aparecer en cambios de pavimento de flexible a rígido en forma de una onda.
 - Causas: Diseño inadecuado de la mezcla, uso de áridos redondeados, ligante blando o dosificación inapropiada. Estructura inadecuada para una zona de frenado o para tramos con pendiente longitudinal muy pronunciadas.
 - Nivel de deterioro: Se determina según el índice de rugosidad internacional (IRI), cualquier protuberancia mayor a 50 milímetros se considera de un alto nivel de deterioro.

- Solución: Si el IRI es menor a 3,5 no será necesaria la intervención, por lo contrario, si este supera los 3,5 será necesario realizar un reemplazo de las áreas afectadas, capas asfálticas, bases. Aumento de la capacidad estructural del pavimento.

Imagen 15 - Ondulaciones de un pavimento flexible



Fuente: Manual de Carretera Vol7 - Catalogo de Deterioro de Pavimentos, 2000.

2.5.1.3 Otros deterioros: (Catalogo de Deterioro de Pavimentos, 2000)

- Descenso de Berma:
 - Identificación: Diferencia entre cota de superficie de pavimento y la cota de superficie de la berma.
 - Causas: Asentamiento de la berma producida por una compactación inapropiada. Producida también por la erosión que produce el agua al ser drenada desde el pavimento a la berma. Lo mismo ocurre con ciclos de hielo y deshielo.
 - Nivel de deterioro:
 - Nivel bajo de deterioro: Descenso inferior a 10 milímetros.

- Nivel medio de deterioro: Descenso que va desde los 10 milímetros a los 30 milímetros.
- Nivel alto de deterioro: Descenso superior a 30 milímetros.
- Solución:
 - Solución para deterioro bajo: Nivelación de la berma.
 - Solución para deterioro medio: Nivelación de la berma.
 - Solución para deterioro alto: Nivelación de la berma. (Reconstrucción)

Imagen 16 - Descenso de berma en un pavimento flexible



Fuente: <http://www.propiedadesdelasfalto.blogspot.com>

- Surgencia de finos y agua:
 - Identificación: Expulsión de agua mezclada con finos, a través de las grietas y bordes del pavimento al pasar un vehículo de gran carga, se forman pequeños baches al borde del pavimento. Se observa también por la superficie con finos luego de que se retira el agua.
 - Causas: Debido a la existencia del agua entre pavimento y base, al pasar vehículos de elevadas cargas se produce un bombeo en el

pavimento, produciendo la expulsión de finos desde la base del pavimento.

- Nivel de deterioro:
 - Nivel bajo de deterioro: Cavidad entre pavimento y berma inferior a 50 milímetros.
 - Nivel medio de deterioro: Cavidad entre pavimento y berma que va desde los 50 milímetros a los 150 milímetros.
 - Nivel alto de deterioro: Cavidad entre pavimento y berma superior a 150 milímetros.
- Solución: Localizar el lugar del agua filtrada; si es en grietas, sellar estas. Instalar drenajes para el pavimento. Si el pavimento ya presenta deterioros debe ser reparado de acuerdo al tipo y nivel de deterioro.

Imagen 17 - Surgencia de finos y agua en un pavimento flexible



Fuente: Manual de Carretera Vol7 - Catalogo de Deterioro de Pavimentos, 2000.

- Separación entre Berma y pavimento:
 - Identificación: Abertura en la línea de contacto entre la cara externa del borde de la calzada y la berma, cuneta, solera.

- Causas: Asentamiento y a su vez desplazamiento de la berma producido por una compactación insuficiente, Escurrimiento de agua.
- Nivel de deterioro: En zonas donde la precipitación media anual supera los 50 milímetros debe considerarse de alto deterioro los pavimentos que contengan este tipo de falla.
- Solución: En bermas sin pavimento ni revestimiento se debe recebar, reperfilar y compactar la berma. En bermas revestidas con un tratamiento superficial, reconstruir el revestimiento al menos con una faja adyacente al pavimento. En bermas pavimentadas con carpeta asfáltica, sellar.

Imagen 18 - Separación entre berma y pavimento en pavimentos flexibles



Fuente: Manual de Carretera Vol7 - Catalogo de Deterioro de Pavimentos, 2000.

2.6 Estudio.

El estudio se llevará a cabo en pavimentos flexibles, específicamente en las fallas por baches en carpetas asfálticas y en fallas por ahuellamiento.

Fallas por Baches:

- Bacheo con mezcla en frío.
- Reparar en parte del espesor.
- Reparación de todo el espesor.
- Repavimentar con hormigón.
- Reposición de capa asfáltica y base granular.

Fallas por ahuellamiento:

- Reemplazar el sector.
- Repavimentar con hormigón.
- Reposición de capa asfáltica y base granular.

2.6.1 Estudio Técnico.

La ruta a seguir será en primer lugar modelar una zona con la falla correspondiente (Bache o Ahuellamiento), definiendo en ella, espesor de pavimento, dimensiones de área a trabajar y nivel de severidad de la falla. Esto último limitará el estudio de la totalidad de las soluciones de reparación para cada tipo de falla. Finalmente se realizarán conclusiones para definir qué solución es la más eficiente de manera técnica.

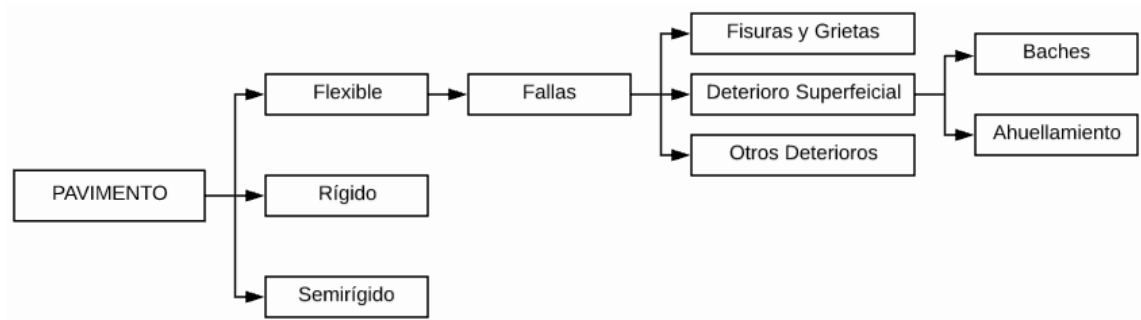
2.6.2 Estudio Económico.

Para las soluciones de reparación investigadas en el estudio técnico se realizará un análisis de precio unitario de maneras independientes comparadas entre sí para poder definir la solución económicamente más ahorrativa.

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1 Fallas a estudiar

Figura 5 - Esquema de fallas a estudiar



Elaboración propia.

3.1.1 Fallas modelos.

Para continuar con la investigación se definirá una falla general para cada tipo de solución de reparación, esto se realizará para cada tipo de falla: Bache y Ahuellamiento. En primer lugar se definirá el nivel de severidad de cada falla, las cuales están establecidas en el Manual de Carretera Volumen 7.

Tabla 1 - Niveles de severidad para baches

| Baches | |
|--------------------|--------------------------------------|
| Nivel de severidad | Descripción |
| Baja | Profundidad del bache menor a 30mm |
| Media | Profundidad del bache de 30mm a 50mm |
| Alta | Profundidad del bache mayor a 50mm |

Fuente: Manual de Carretera Vol7, Anexo Catalogo de Deterioro de Pavimentos Ítem 2.2

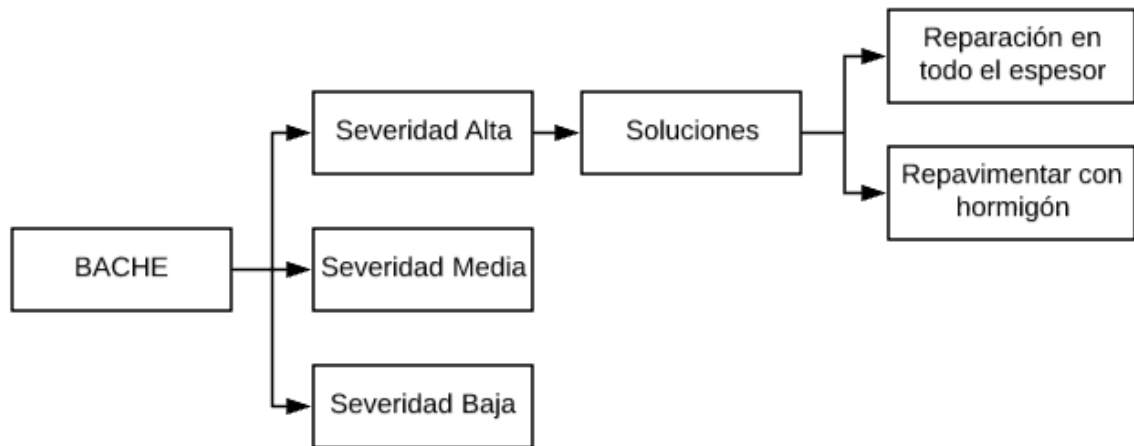
Tabla 2 - Niveles de severidad para ahuellamiento

| Ahuellamiento | |
|--------------------|-----------------------------------|
| Nivel de severidad | Descripción |
| Baja | Profundidad máxima menor a 20mm |
| Media | Profundidad máxima de 20mm a 40mm |
| Alta | Profundidad máxima mayor a 40mm |

Fuente: Manual de Carretera Vol7, Anexo Catalogo de Deterioro de Pavimentos Ítem 2.4

En el capítulo anterior se dieron a conocer las diferentes tipos de soluciones en reparación para la falla por baches: Bacheo con mezcla en frío, Reparar en parte de espesor, Reparación de todo el espesor, Repavimentar con hormigón y finalmente Reposición de carpeta asfáltica y base granular. Sin embargo al definir para la falla modelo un nivel de severidad alto, reduce el número de soluciones a estudiar.

Figura 6 - Soluciones para baches con severidad alta



Elaboración propia.

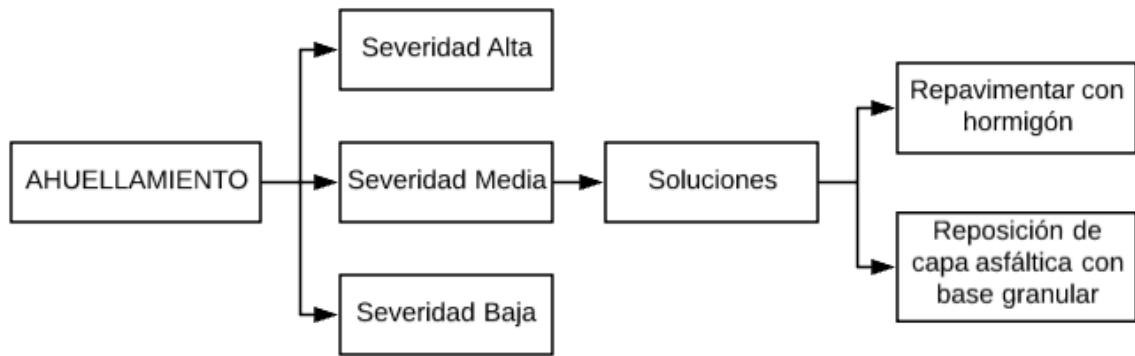
Las soluciones a estudiar según el modelo definido serán:

- Reparación en todo el espesor.
- Repavimentar con hormigón.

El mismo criterio se ocupará para las diferentes tipos de soluciones en reparación para la falla por ahuellamiento: Reemplazar el sector, Repavimentar con hormigón y finalmente Reposición de carpeta asfáltica y base granular. Sin embargo al definir para la falla modelo con un nivel de severidad medio, reduce el número de soluciones a estudiar.

Cabe destacar que para la falla de ahuellamiento existen dos tipos: Ahuellamiento puntual y en extensión. En este estudio se verá el Ahuellamiento en extensión.

Figura 7 - Soluciones para Ahuellamiento con severidad media



Elaboración propia.

Las soluciones a estudiar según el modelo definido serán:

- Repavimentar con hormigón.
- Reposición de capa asfáltica con base granular.

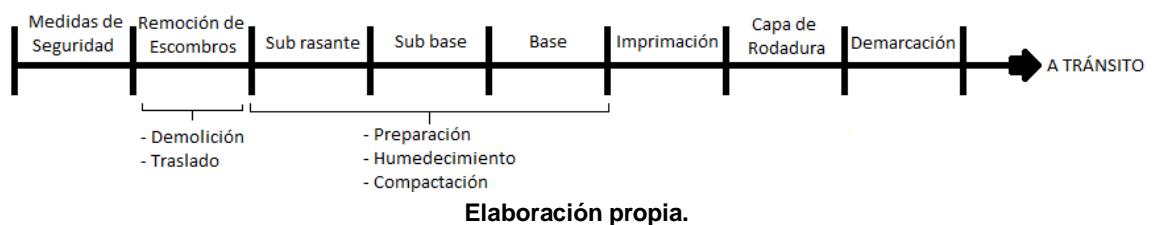
3.2 Métodos de reparación para fallas de baches y/o ahuellamiento en pavimentos asfálticos.

- Reparación en todo el espesor. (Sólo Bache) – Proceso constructivo:
 - Procedimientos de seguridad: Cierres necesarios de pista o calzada para facilitar el trabajo de los operarios en la reconstrucción del pavimento y así también brindar la seguridad necesaria para peatones que circulen por el lugar y también a los demás vehículos que transiten por el lugar en el caso de que el cierre sea en una sola pista.
 - Remoción del pavimento: Consiste en el proceso de demoler el pavimento existente, esto se puede realizar por dos métodos: por medio de una fresadora o por medio de una retroexcavadora con martillo Krupp. Para este procedimiento se utilizará el método de la retroexcavadora con martillo Krupp que irá fraccionando el paquete estructural para que por medio de una retroexcavadora con cuchara sea removido. Esta remoción se realizará en todo el espesor del pavimento, desde la sub base a la carpeta asfáltica.

- Traslado de escombros: Los escombros serán transportados por medio de camiones al o los vertederos autorizados.
- Preparación de la Subrasante: Por medio de una motoniveladora se distribuyen los agregados pétreos sobre la superficie de manera que el material resulte homogéneo.
- Humedecimiento de la Subrasante: Por medio de un camión aljibe se aplican riegos de agua necesaria para suministrar la humedad óptima para su compactación.
- Compactación de la Subrasante: Una vez distribuido y humedecido se compacta la cancha por medio de un Rodillo, ya sea liso o neumático, esto será necesario para buscar la densidad solicitada en el diseño.
- Preparación de la Subbase: Por medio de una motoniveladora se distribuyen los agregados pétreos, que cumplan con la granulometría exigida en el diseño.
- Humedecimiento de la Subbase: Por medio de un camión aljibe se aplican riegos de agua necesaria para suministrar la humedad óptima para su compactación.
- Compactación de la Subbase: Una vez distribuido y humedecido se compacta la cancha por medio de un Rodillo, ya sea liso o neumático, esto será necesario para buscar la densidad solicitada en el diseño.
- Preparación de la Base: Por medio de una motoniveladora se distribuyen los agregados pétreos, que cumplan con la granulometría exigida en el diseño.
- Humedecimiento de la Base: Por medio de un camión aljibe se aplican riegos de agua necesaria para suministrar la humedad óptima para su compactación.

- Compactación de la Base: Una vez distribuido y humedecido se compacta la cancha por medio de un Rodillo, ya sea liso o neumático, esto será necesario para buscar la densidad solicitada en el diseño.
- Imprimación: Con la ayuda de un camión imprimador se realiza este proceso que consiste en el riego de un imprimación bituminosa con el fin de sellar la superficie, cohesionar las partículas de la superficie sueltas de la base y dar una capa firme para la adherencia de la capa asfáltica.
- Concreto asfáltico de rodadura: Con el tren pavimentador, o también llamado “Finisher” se coloca la mezcla asfáltica en la cancha. De manera continua, tras la finisher pasa un rodillo compactador liso y tras de este, un rodillo compactador de neumático para alcanzar la densidad que el diseño definió para el pavimento.
- Demarcación: Finalmente se realiza el proceso de demarcación con pintura termoplástica, para luego desmontar el cierre que se realizó en la pista de la calzada y así poner en tránsito el nuevo pavimento.

Figura 8 - Procedimiento de reparación de todo el espesor



- Repavimentar con hormigón. (Baches y Ahuellamiento) – Proceso constructivo:
 - Procedimientos de seguridad: Cierres necesarios de pista o calzada para facilitar el trabajo de los operarios en la reconstrucción del pavimento y así también brindar la seguridad necesaria para peatones que circulen por el lugar y también a los demás vehículos que transiten por el lugar en el caso de que el cierre sea en una sola pista.
 - Remoción del pavimento: Consiste en el proceso de demoler el pavimento ya existente, esto se puede realizar por dos métodos, por medio de una fresadora o por medio de una retroexcavadora con martillo Krupp.
Para este procedimiento se utilizará el método de la retroexcavadora con martillo Krupp quien irá fraccionando el paquete estructural para que por medio de una retroexcavadora con cuchara sea removido. Esta remoción se realizará en todo el espesor del pavimento desde la sub base hasta la carpeta asfáltica.
 - Traslado de escombros: Los escombros serán transportados por medio de camiones al o los vertederos autorizados.
 - Preparación de la Subrasante: Por medio de una motoniveladora se distribuyen los agregados pétreos sobre la superficie de manera que el material resulte homogéneo.
 - Humedecimiento de la Subrasante: Por medio de un camión aljibe se aplican riegos de agua necesaria para suministrar la humedad óptima para su compactación.
 - Compactación de la Subrasante: Una vez distribuido y humedecido se compacta la cancha por medio de un Rodillo, ya sea liso o neumático, esto será necesario para alcanzar la densidad solicitada en el diseño.

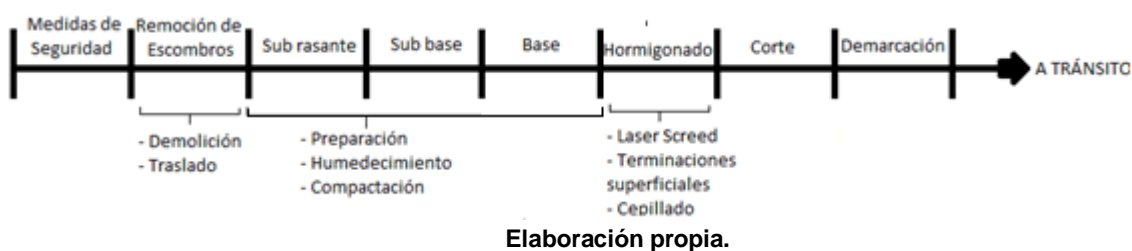
- Preparación de la Subbase: Por medio de una motoniveladora se distribuyen los agregados, que cumplan con la granulometría exigida en el diseño.
- Humedecimiento de la Subbase: Por medio de un camión aljibe se aplican riegos de agua necesaria para suministrar la humedad óptima para su compactación.
- Compactación de la Subbase: Una vez distribuido y humedecido se compacta la cancha por medio de un Rodillo, ya sea liso o neumático, esto será necesario para alcanzar la densidad solicitada en el diseño.
- Preparación de la Base: Por medio de una motoniveladora se distribuyen los agregados, que cumplan con la granulometría exigida en el diseño.
- Humedecimiento de la Base: Por medio de un camión aljibe se aplican riegos de agua necesaria para suministrar la humedad óptima para su compactación.
- Compactación de la Base: Una vez distribuido y humedecido se compacta la cancha por medio de un Rodillo, ya sea liso o neumático, esto será necesario para alcanzar la densidad solicitada en el diseño.
- Hormigonado: Se deposita el hormigón premezclado con las características que el diseño requiera directamente del camión mixer, dejando caer la mezcla a una altura no superior a 1,5 metros.
- Laser Screed: mediante esta máquina se distribuye la mezcla uniformemente en el área a trabajar, tras esto se realiza el proceso de terminación superficial, que consiste en dejar primeramente la superficie lisa, eliminando poros que hayan quedado visiblemente, posterior a esto se realiza el proceso de cepillado, que forman pequeñas secciones transversales que servirán para el drenaje de agua en la calzada.

- Curado: es un importante proceso, se realiza una vez que el agua superficial del pavimento se haya secado, el curado sirve para impermeabilizar el hormigón para que partículas, como el agua, no penetren en el paquete estructura dañando capas inferiores como la sub base o sub rasante y también ayuda a la hidratación del hormigón para que este pueda alcanzar la resistencia requerida.

- Corte: el corte se puede realizar con el sistema SoffCut, que son cortes que se realizan en el hormigón ya en su estado de madurez para disminuir el alabeo, la profundidad del corte irá en base al diseño previsto, este nunca será hasta el final de la capa de rodadura, sólo se inducirá para que luego cuando este dado a tránsito este se complete. Mientras se corta siempre mantener mojada la sierra y el pavimento.

- Demarcación: Finalmente se realiza el proceso de demarcación con pintura termoplástica, para luego desmontar el cierre que se realizó en la pista calzada y dar a tránsito el nuevo pavimento.

Figura 9 - Procedimiento de repavimentar con hormigón



- Reposición de carpeta asfáltica y base granular. (Ahuellamiento) –

Proceso constructivo:

- Procedimientos de seguridad: Cierres necesarios de pista o calzada para facilitar el trabajo de los operarios en la reconstrucción del pavimento y así también brindar la seguridad necesaria para peatones que circulen por el lugar y también a los demás vehículos que transiten por el lugar en el caso de que el cierre sea en una sola pista.

- Remoción de pavimento: Con una maquina fresadora se realiza la demolición de la primera capa del paquete estructural, correspondiente al concreto asfáltico. A su vez, mediante camiones tolva se realiza el traslado de los escombros.
- Preparación de la Base: Por medio de una motoniveladora se distribuyen los agregados pétreos, que cumplan con la granulometría exigida en el diseño.
- Humedecimiento de la Base: Por medio de un camión aljibe se aplican riegos de agua necesaria para suministrar la humedad óptima para su compactación.
- Compactación de la Base: Una vez distribuido y humedecido se compacta la cancha por medio de un Rodillo, ya sea liso o neumático, esto será necesario para alcanzar la densidad solicitada en el diseño.
- Imprimación: Con la ayuda de un camión imprimador se realiza este proceso que consiste en el riego de un imprimación bituminosa con el fin de sellar la superficie, cohesionar las partículas de la superficie sueltas de la base y dar una capa firme para la adherencia de la capa asfáltica.
- Concreto asfáltico de rodadura: Con el tren pavimentador, o también llamado "Finisher" se coloca la mezcla asfáltica en la cancha. De manera continua, tras la finisher pasa un rodillo compactador liso y tras de este un rodillo de compactador de neumático para alcanzar a la densidad que el diseño definió para el pavimento.

- Demarcación: Finalmente se realiza el proceso de demarcación con pintura termoplástica, para luego desmontar el cierre que se realizó en la pista calzada y dar a tránsito el nuevo pavimento.

Figura 10 - Procedimiento de reposición de carpeta asfáltica y base granular



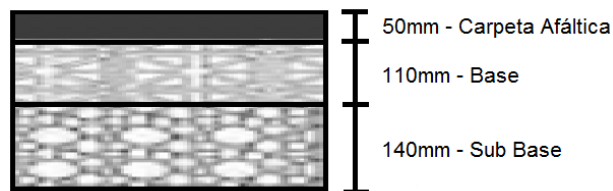
Elaboración propia.

3.3 Modelación de la Falla.

Diseño estructural del pavimento a estudiar.

La siguiente tabla muestra los espesores de cada capa a tratar.

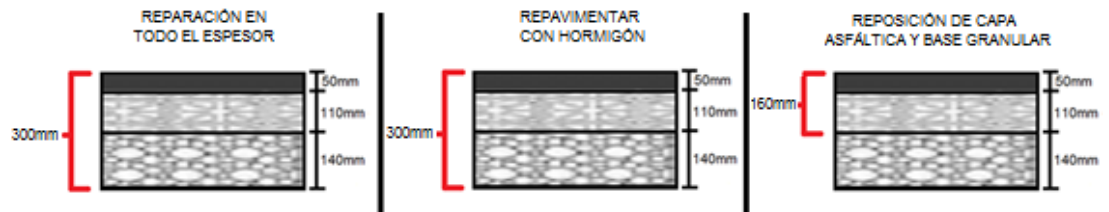
Figura 11 - Modelo de pavimento a estudiar



Elaboración propia.

En el siguiente esquema se presentarán las capas del pavimento modelo y se marcará para cada tipo de reparación las capas que serán intervenidas. Dejar en claro que los espesores de las figuras corresponden al pavimento modelo.

Figura 12 - Capas a reparar para cada tipo de metodología de reparación



Elaboración propia.

- Modelación Bache.

- Bache con nivel de severidad alta.
- Área a trabajar: 700m².
 - Ancho: 3,5m.
 - Largo: 200m.
- Sub base: CBR \geq 40%, espesor de 140mm
- Base: CBR \geq 80%, espesor de 110mm.
- Carpeta Asfáltica: espesor de 50mm.

- Modelación Ahuellamiento.

- Ahuellamiento con nivel de severidad media.
- Área a trabajar: 7000m².
 - Ancho: 7m.
 - Largo: 1000m.
- Sub base: CBR \geq 40%, espesor de 140mm
- Base: CBR \geq 80%, espesor de 110mm.
- Carpeta Asfáltica: espesor de 50mm.

3.4 Costos.

- Costos Directos de las partidas tratadas en cada procedimiento de reparación:

- Reparación en todo el espesor. Ver anexo A.
- Repavimentar con hormigón. Ver anexo B.
- Reposición de con carpeta asfáltica Ver anexo C.

| |
|---|
| Valor UF al 1ero de Febrero del 2018 = \$26.825 |
|---|

Tabla 3 - Costos Directos – Reparación en todo el espesor

| Tabla Resumen - Reparación en todo el espesor (1m ²) | | | |
|--|-----------------------|------------------|--------------|
| Ítem | Descripción | Precio (\$) | Precio (UF) |
| 1 | Remoción de Escombros | \$ 1.951 | 0,073 |
| 2 | Sub rasante | \$ 464 | 0,017 |
| 3 | Sub base | \$ 4.652 | 0,173 |
| 4 | Base | \$ 5.196 | 0,194 |
| 5 | Imprimación | \$ 637 | 0,024 |
| 6 | Capa Asfáltica | \$ 6.119 | 0,228 |
| 7 | Demarcación | \$ 2.279 | 0,085 |
| TOTAL | | \$ 21.299 | 0,794 |

Elaboración propia.

Tabla 4 - Costos Directos – Repavimentar con Hormigón

| Tabla Resumen - Repavimentar con Hormigón (1m ²) | | | |
|--|-----------------------|------------------|--------------|
| Ítem | Descripción | Precio (\$) | Precio (UF) |
| 1 | Remoción de Escombros | \$ 1.951 | 0,073 |
| 2 | Sub rasante | \$ 464 | 0,017 |
| 3 | Sub base | \$ 3.462 | 0,129 |
| 4 | Base | \$ 4.808 | 0,179 |
| 5 | Capa de hormigón | \$ 15.121 | 0,564 |
| 6 | Corte | \$ 2.054 | 0,077 |
| 7 | Demarcación | \$ 2.279 | 0,085 |
| TOTAL | | \$ 30.138 | 1,123 |

Elaboración propia.

Tabla 5 - Costos Directos – Reposición de Capa Asfáltica y Base Granular

| Tabla Resumen - Reposición de carpeta asfáltica y base granular (1m²) | | | |
|--|-----------------------|--------------------|--------------------|
| Ítem | Descripción | Precio (\$) | Precio (UF) |
| 1 | Remoción de Pavimento | \$ 1.951 | 0,073 |
| 2 | Base | \$ 5.196 | 0,194 |
| 3 | Imprimación | \$ 637 | 0,024 |
| 4 | Capa Asfáltica | \$ 6.119 | 0,228 |
| 5 | Demarcación | \$ 2.279 | 0,085 |
| TOTAL | | \$ 16.183 | 0,603 |

Elaboración propia.

Cabe destacar que el proceso de pavimentación se hará contra pavimento existente y/o soleras ya instaladas, por lo que el uso de moldaje no es considerado.

- Gastos Generales.

Los gastos generales se verán reflejados en la tabla en base al valor de un día de trabajo. Ver anexo D.

Tabla 6 - Gastos Generales – Valor de un día de trabajo

| ítem | Descripción | Valor por Día | Valor por Día UF |
|----------------------|---------------------------------------|----------------------|-------------------------|
| 1 | Garantías y Seguros | \$ 34.653 | 1,292 |
| 2 | Administración | \$ 216.070 | 8,055 |
| 3 | Mano de Obra Apoyo | \$ 15.452 | 0,576 |
| 4 | Elementos de Seguridad | \$ 20.756 | 0,774 |
| 5 | Ensayos y laboratorio | \$ 23.767 | 0,886 |
| 6 | Instalaciones Provisorias | \$ 52.104 | 1,942 |
| 7 | Gastos Financieros | \$ 51.331 | 1,914 |
| 8 | Movilización y Servicio de Transporte | \$ 77.729 | 2,898 |
| TOTAL POR DÍA | | \$ 491.862 | 18 |

Elaboración propia.

- Carta Gantt.

Para poder realizar un análisis técnico se realizara la elaboración de una carta Gantt por cada procedimiento, este procedimiento será en base a 700m², que es el área de trabajo definida. Trabajando en una pista de 3,5m de ancho en un largo de 200m. Cabe destacar que esta modelación será para la falla por bache.

Tabla 7 - Carta Gantt – Reparación en todo el espesor para bache

| REPARACIÓN EN TODO EL ESPESOR (700m2) | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|-----------------------|------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|---------------------------|---------------|
| ÍTEM | Descripción | Días | | | | | | | | | | Total de días por partida | Total de días |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | | |
| 1 | Remoción de Escombros | ■ | | | | | | | | | | 1 | 6 |
| 2 | Sub rasante | | ■ | | | | | | | | | 1 | |
| 3 | Sub base | | | ■ | | | | | | | | 1 | |
| 4 | Base | | | | ■ | | | | | | | 1 | |
| 5 | Imprimación | | | | | ■ | | | | | | 1 | |
| 6 | Capa Asfáltica | | | | | | ■ | | | | | 1 | |
| 7 | Demarcación | | | | | | | ■ | | | | 1 | |

Elaboración propia.

Tabla 8 - Carta Gantt – Repavimentar con hormigón para bache

| REPAVIMENTAR CON HORMIGÓN (700m2) | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|-----------------------|------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|---------------------------|---------------|
| ÍTEM | Descripción | Días | | | | | | | | | | Total de días por partida | Total de días |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | | |
| 1 | Remoción de Escombros | ■ | | | | | | | | | | 1 | 7 |
| 2 | Sub rasante | | ■ | | | | | | | | | 1 | |
| 3 | Sub base | | | ■ | | | | | | | | 1 | |
| 4 | Base | | | | ■ | | | | | | | 1 | |
| 5 | Capa de Hormigón | | | | ■ | ■ | ■ | | | | | 3 | |
| 6 | Corte | | | | | | ■ | | | | | 1 | |
| 7 | Demarcación | | | | | | | ■ | | | | 1 | |

Elaboración propia.

La capa de pavimento está compuesta por hormigón R3, de tipo Fast track. Cuya resistencia mínima para ser dado a tránsito se alcanza al tercer día de colocación.

- Reparación en todo el espesor: 6 días.
- Repavimentar con Hormigón: 7 días.

Tabla 9 - Carta Gantt – Repavimentar con hormigón para ahuellamiento

[illegible]

Tabla 10 - Carta Gantt – Reposición de capa asfáltica y base granular para ahuellamiento

[illegible]

Los resultados arrojados por las cartas Gantt son en relación a los 2 procedimientos trabajando en la misma área de 7000m², en los que se demorarían los siguientes días:

- Repavimentar con Hormigón: 12 días.
- Reposición de Capa Asfáltica y Base Granular: 9 días.

3.5 Análisis en fallas.

3.5.1 Baches

- Análisis Técnico - Económico.

- Costos Directos.

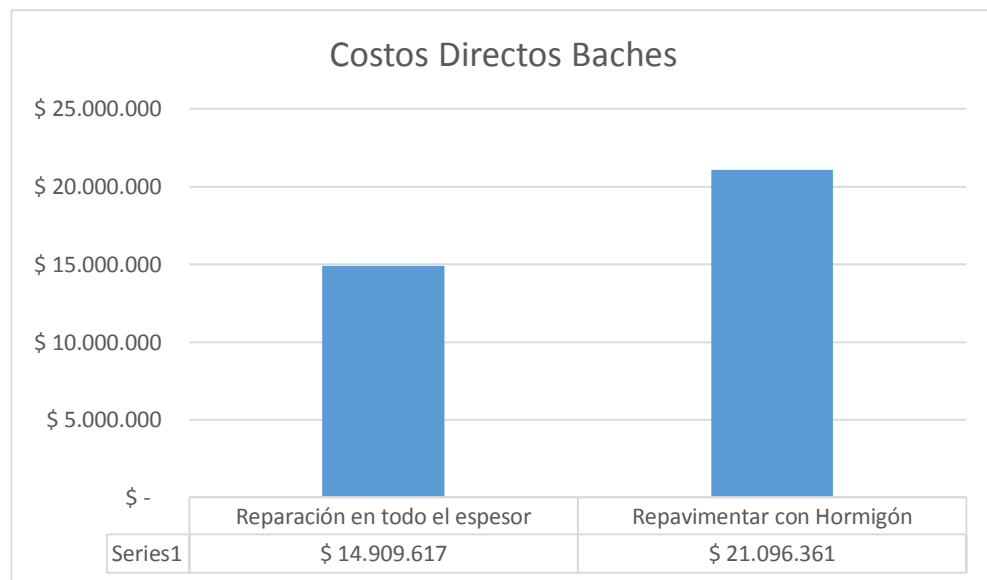
Para la falla modelo de baches, donde se trabajará en un área de 700m2 se realizará el estudio de costos directos en base a los análisis de precios unitarios realizados en los anexos del presente documento.

Tabla 11 - Resumen Costos Directos en los 2 procedimientos para bache

| COSTOS DIRECTO | | | | |
|-------------------------------|--------------|------------|---------------|----------|
| Procedimiento | Costo por m2 | m2 totales | TOTAL | TOTAL UF |
| Reparación en todo el espesor | \$ 21.299 | 700 | \$ 14.909.617 | 556 |
| Repavimentar con Hormigón | \$ 30.138 | 700 | \$ 21.096.361 | 786 |

Elaboración propia.

Gráfico 1 - Costos Directos - Baches



Elaboración propia.

Como se puede apreciar en el gráfico anterior el procedimiento más económico es la reparación en todo el espesor. Siendo el método de repavimentación con hormigón un 41,49% más caro.

- Gastos Generales.

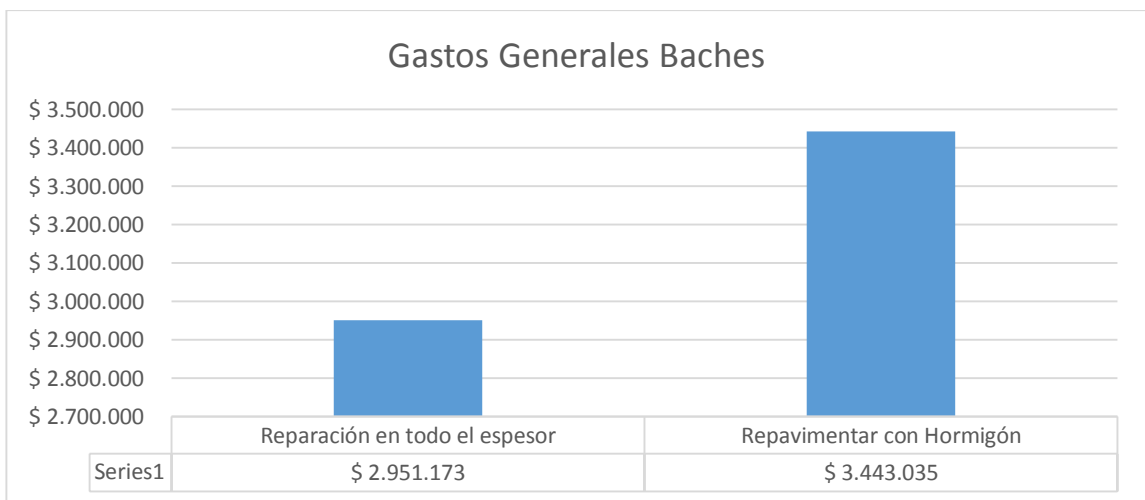
Para la falla modelo de baches, donde se trabajará en un área de 700m² se realizará el estudio de gastos generales en base a las cartas Gantt realizadas anteriormente donde nos basaremos en la cantidad que demora cada procedimiento.

Tabla 12 - Resumen Costos Generales en los 2 procedimientos para bache

| GASTOS GENERALES | | | | |
|-------------------------------|-------------|----------------------|--------------|-----------------|
| Procedimiento | Días | Costo por día | TOTAL | TOTAL UF |
| Reparación en todo el espesor | 6 | \$ 491.862 | \$ 2.951.173 | 110 |
| Repavimentar con Hormigón | 7 | \$ 491.862 | \$ 3.443.035 | 128 |

Elaboración propia.

Gráfico 2 - Gastos generales - Baches



Elaboración propia.

Para ambos procedimientos se estableció un mismo costo general diario, sin embargo la diferencia que se produce en los costos finales es debido a que cada procedimiento se tarda en realizar en diferentes días.

Siendo el que se ejecuta de manera más rápida la reparación en todo el espesor en 6 días dando así un valor final de \$2.951.173 por el total de la obra en gastos generales. En cambio el otro procedimiento demora más en ejecutar. La repavimentación en hormigón es un 16,67% más cara.

- Presupuesto Total.

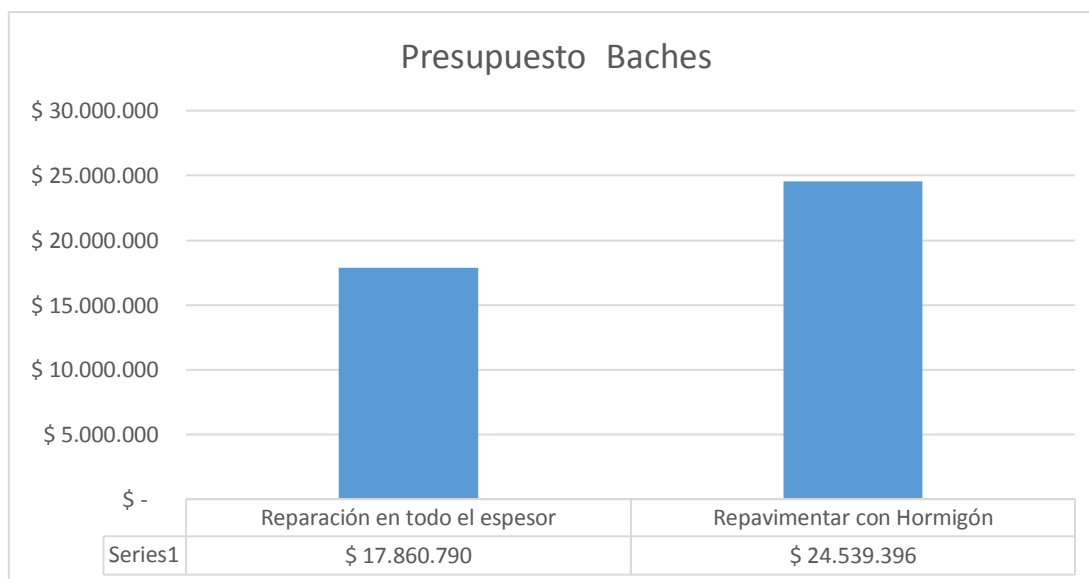
Para cada procedimiento de reparación para la falla de bache se realizará la sumatoria de sus respectivos gastos directos con sus respectivos gastos generales que asociados darán a conocer el costo necesario para llevar a cabo esta operación, presupuesto total.

Tabla 13 - Presupuesto total de cada procedimiento para bache

| PRESUPUESTO | | | | |
|-------------------------------|---------------|------------------|---------------|----------|
| Procedimiento | Costo Directo | Gastos Generales | TOTAL | TOTAL UF |
| Reparación en todo el espesor | \$ 14.909.617 | \$ 2.951.173 | \$ 17.860.790 | 666 |
| Repavimentar con Hormigón | \$ 21.096.361 | \$ 3.443.035 | \$ 24.539.396 | 915 |

Elaboración propia.

Gráfico 3 - Presupuesto Total - Baches



Elaboración propia.

Como costo final la reparación en todo el espesor sigue siendo el procedimiento más económico en relación al otro en estudio. Resultando la repavimentación con hormigón un 37,39% más cara en lo que se refiere al presupuesto total de la obra.

3.5.2 Ahuellamiento

- Análisis Técnico - Económico.

- Costos Directos.

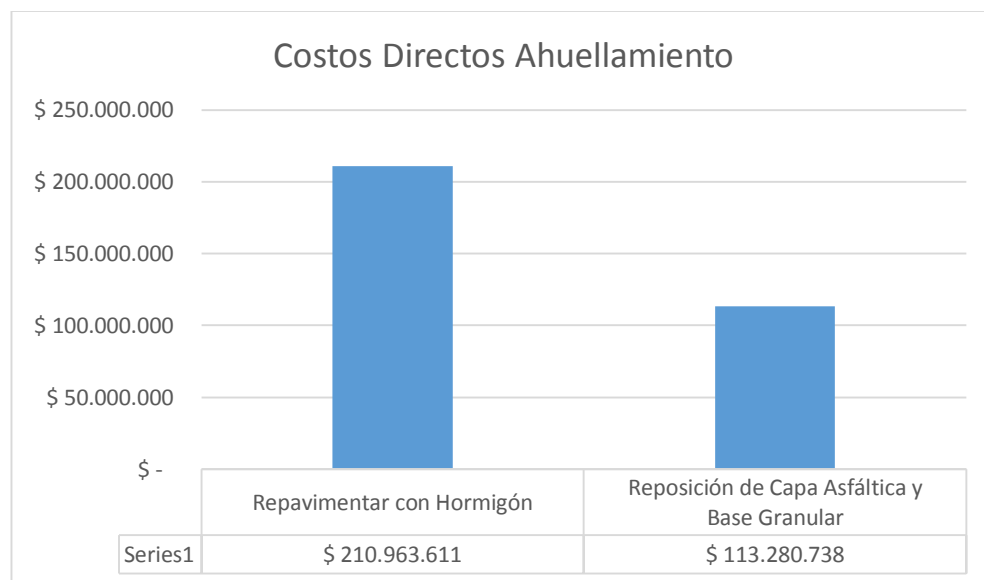
Para la falla modelo de baches, donde se trabajará en un área de 700m2 se realizará el estudio de costos directos en base a los análisis de precios unitarios realizados en los anexos del presente documento.

Tabla 14 - Resumen Costos Directos en los 2 procedimientos para ahuellamiento

| COSTOS DIRECTO | | | | |
|--|--------------|------------|----------------|----------|
| Procedimiento | Costo por m2 | m2 totales | TOTAL | TOTAL UF |
| Repavimentar con Hormigón | \$ 30.138 | 7000 | \$ 210.963.611 | 7864 |
| Reposición de Capa Asfáltica y Base Granular | \$ 16.183 | 7000 | \$ 113.280.738 | 4223 |

Elaboración propia.

Gráfico 4 - Costos Directos -Ahuellamiento



Elaboración propia.

Como se puede apreciar en el gráfico anterior el procedimiento más económico es la reposición de carpeta asfáltica y base granular. Siendo el método de repavimentar con hormigón un 86,23% más costoso que el método económico.

- Gastos Generales.

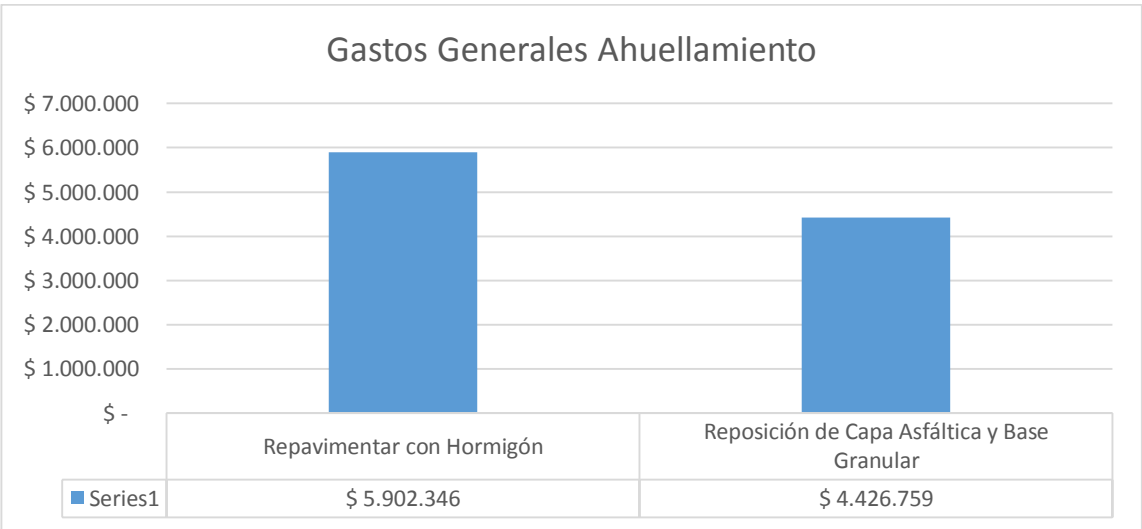
Para la falla modelo de ahuellamiento, donde se trabajará en un área de 7000m2 se realizará el estudio de gastos generales en base a las cartas Gantt realizadas anteriormente donde nos basaremos en la cantidad que demora cada procedimiento.

Tabla 15 - Resumen Gastos Generales en los 2 procedimientos para ahuellamiento

| GASTOS GENERALES | | | | |
|--|------|---------------|--------------|----------|
| Procedimiento | Dias | Costo por día | TOTAL | TOTAL UF |
| Repavimentar con Hormigón | 12 | \$ 491.862 | \$ 5.902.346 | 220 |
| Reposición de Capa Asfáltica y Base Granular | 9 | \$ 491.862 | \$ 4.426.759 | 165 |

Elaboración propia.

Gráfico 5 - Gastos generales – Ahuellamiento



Elaboración propia.

Para ambos procedimientos se estableció un mismo costo general diario, sin embargo la diferencia que se produce en los costos finales es debido a que cada procedimiento se tarda en realizar en diferentes días.

Siendo el que se ejecuta de manera más rápida la reposición de carpeta asfáltica y base granular en 9 días dando así un valor final de \$4.426.759 por el total de la obra en gastos generales. En cambio el otro procedimiento demora más en ejecutar. El método de repavimentar con hormigón tiene un costo de un 33,33% por sobre el método económico.

- Presupuesto Total.

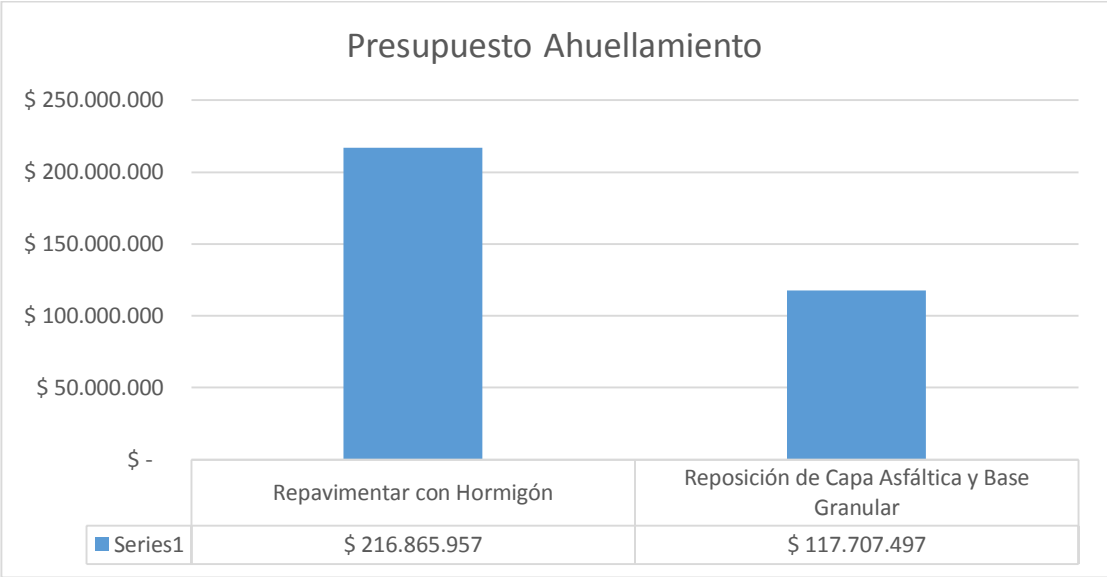
Para cada procedimiento de reparación para la falla de ahuellamiento se realizará la sumatoria de sus respectivos gastos directos con sus respectivos gastos generales que asociados darán a conocer el costo necesario para llevar a cabo esta operación.

Tabla 16 - Presupuesto total de cada procedimiento para ahuellamiento

| PRESUPUESTO | | | | |
|--|----------------------|-------------------------|----------------|-----------------|
| Procedimiento | Costo Directo | Gastos Generales | TOTAL | TOTAL UF |
| Repavimentar con Hormigón | \$ 210.963.611 | \$ 5.902.346 | \$ 216.865.957 | 8084 |
| Reposición de Capa Asfáltica y Base Granular | \$ 113.280.738 | \$ 4.426.759 | \$ 117.707.497 | 4388 |

Elaboración propia.

Gráfico 6 - Presupuesto Total - Ahuellamiento



Elaboración propia.

Como costo final la reposición de carpeta asfáltica y base granular sigue siendo el procedimiento más económico en relación al otro procedimiento en estudio. El repavimentar con hormigón tiene un costo más elevado en un 84,24% en relación a la reposición de capa asfáltica y base granular.

4. CONCLUSIONES

Baches:

Para las dos posibles soluciones que se pueden realizar para la falla por bache, tanto en costo directo como en gastos generales y en consecuencia el presupuesto total la solución más económica es la reparación en todo el espesor. Siendo la otra solución, repavimentación con hormigón, de mayor costo en relación a la económica con un 37,39% en relación al presupuesto total. . Estas cifras son según la modelación propuesta en el informe.

La diferencia de precio que se produce entre ambas metodologías de reparación se debe al material con la que es realizada la capa de rodadura, en una el material ocupado es el asfalto y en la otra es hormigón, siendo este último material de un costo más elevado lo que genera un mayor costo en recursos para poder realizar esa partida.

Ahuellamiento:

Para las dos posibles soluciones que se pueden realizar para la falla por ahuellamiento tanto en costo directo como en gastos generales y en consecuencia el presupuesto total la solución más económica es la reposición de carpeta asfáltica y base granular, siendo la repavimentación con hormigón de un mayor costo de ejecución, en un 84,24% por sobre el método de la reposición. Estas cifras son según la modelación propuesta en el informe.

La gran diferencia de precio, cercano al doble una de otra, se debe a dos factores, el primero el tipo de material con el que se realiza la capa de rodadura, uno es en base a asfalto y el otro en base a hormigón y como se explicó anteriormente en la conclusión de baches el hormigón es de costo más elevado lo que ocasiona un aumento en los recursos de la partida. Por otro lado el alza que se produce entre un método y otro es en la cantidad de capas que son intervenidas en el paquete estructural, en la repavimentación son intervenidas todas las capas y en la reposición de capa asfáltica y base granular, como su nombre lo dice solo es intervenida hasta la capa base, siendo así una metodología menos invasiva lo que por ende genera una menor utilización de recursos. Sin embargo puede ser una opción que el método de la repavimentación con hormigón posea una mayor vida útil que la reposición ocasionando así que a lo largo del tiempo no tenga que ser intervenido con la misma periodicidad que la reposición, pero esto es un supuesto que en este trabajo no se está analizando.

BIBLIOGRAFÍA

- Manual de carretera Vol3 2017 – Instrucciones y criterios de diseño.
- Manual de carretera Vol5 2017 – Especificaciones técnicas generales en construcción.
- Manual de carretera Vol7 2017 – Mantenimiento vial.
- Manual de Carretera Vol7 – Anexo Catalogo de Deterioro de Pavimentos, 2000.
- Apuntes Clases Camino, Uriel Galas, Universidad Andres Bello.
- Apuntes Clases Vial, Universidad Técnica Federico Santa Maria.
- Tesis “Deterioro en pavimentos flexibles y rígidos”, Ricardo Javier Miranda Rebolledo, Universidad Austral de Chile.
- Tesis “El asfalto, en la conservación de pavimento”, Mariana Valenzuela V. Universidad Austral de Chile.

5. ANEXOS

5.1 Análisis de precios unitarios

5.1.1 Reparación en todo el espesor – Baches. ANEXO A

| | | | | | | |
|----------|---|--|--|--|--|--|
| 1 | Remoción de Escombros (1m²) | | | | | |
|----------|---|--|--|--|--|--|

| | Descripción | Unidad | Cantidad | Rendimiento | Precio Unitario | Precio Total |
|--------------|----------------------------------|----------------|----------|-------------|-----------------|-----------------|
| 1.1 | Materiales | | | | | |
| 1.1.1 | Petróleo | LT | 1 | 0,056 | \$ 574 | \$ 32 |
| 1.1.2 | Vertedero | M ³ | 1 | 0,012 | \$ 410 | \$ 5 |
| 1.2 | Mano de Obra | | | | | |
| 1.2.1 | Capataz | HH | 1 | 0,004 | \$ 7.652 | \$ 31 |
| 1.2.2 | Jornal | HH | 3 | 0,004 | \$ 2.349 | \$ 28 |
| 1.3 | Equipos y Herramientas | | | | | |
| 1.3.1 | Retroexcavadora c/Martillo Krupp | HM | 1 | 0,01 | \$ 15.375 | \$ 154 |
| 1.3.2 | Retroexcavadora c/Cuchara | HM | 1 | 0,03 | \$ 41.000 | \$ 1.230 |
| 1.3.3 | Camión Tolva | HM | 2 | 0,01 | \$ 23.575 | \$ 472 |
| | | | | | TOTAL | \$ 1.951 |
| | | | | | TOTAL UF | 0,073 |

| | | | | | | |
|----------|-------------------------------------|--|--|--|--|--|
| 2 | Sub rasante (1m²) | | | | | |
|----------|-------------------------------------|--|--|--|--|--|

| | Descripción | Unidad | Cantidad | Rendimiento | Precio Unitario | Precio Total |
|--------------|-------------------------------|--------|----------|-------------|-----------------|---------------|
| 2.1 | Materiales | | | | | |
| 2.1.1 | Petróleo | LT | 1 | 0,1 | \$ 574 | \$ 57 |
| 2.2 | Mano de Obra | | | | | |
| 2.2.1 | Capataz | HH | 1 | 0,0005 | \$ 7.652 | \$ 4 |
| 2.2.2 | Estaquero | HH | 2 | 0,012 | \$ 3.210 | \$ 77 |
| 2.3 | Equipos y Herramientas | | | | | |
| 2.3.1 | Motoniveladora | HM | 1 | 0,009 | \$ 25.113 | \$ 226 |
| 2.3.2 | Camión Aljibe | HM | 1 | 0,003 | \$ 7.403 | \$ 22 |
| 2.3.3 | Rodillo Compactador Liso | HM | 1 | 0,004 | \$ 19.475 | \$ 78 |
| | | | | | TOTAL | \$ 464 |
| | | | | | TOTAL UF | 0,017 |

| | | | | | | |
|--------------|--|---------------|-----------------|--------------------|------------------------|---------------------|
| 3 | Sub base (1m²) | | | | | |
| | <i>Sub base, e=14cm (26% Esponjamiento - 4% Pérdida)</i> | | | | | |
| | Descripción | Unidad | Cantidad | Rendimiento | Precio Unitario | Precio Total |
| 3.1 | Materiales | | | | | |
| 3.1.1 | Petróleo | LT | 1 | 0,225 | \$ 574 | \$ 129 |
| 3.1.2 | Áridos - Sub base | M³ | 0,182 | 6,67 | \$ 3.075 | \$ 3.733 |
| 3.2 | Mano de Obra | | | | | |
| 3.2.1 | Capataz | HH | 1 | 0,01 | \$ 7.652 | \$ 77 |
| 3.2.2 | Estaquero | HH | 2 | 0,02 | \$ 3.210 | \$ 128 |
| 3.3 | Equipos y Herramientas | | | | | |
| 3.3.1 | Motoniveladora | HM | 1 | 0,015 | \$ 26.650 | \$ 400 |
| 3.3.2 | Camión Tolva | HM | 2 | 0,002 | \$ 23.575 | \$ 94 |
| 3.3.3 | Camión Aljibe | HM | 1 | 0,004 | \$ 7.403 | \$ 30 |
| 3.3.4 | Rodillo Compactador Liso | HM | 1 | 0,003 | \$ 20.500 | \$ 62 |
| | | | | | TOTAL | \$ 4.652 |
| | | | | | TOTAL UF | 0,173 |

| | | | | | | |
|--------------|--|---------------|-----------------|--------------------|------------------------|---------------------|
| 4 | Base (1m²) | | | | | |
| | <i>Base, e=11cm (26% Esponjamiento - 4% Pérdida)</i> | | | | | |
| | Descripción | Unidad | Cantidad | Rendimiento | Precio Unitario | Precio Total |
| 4.1 | Materiales | | | | | |
| 4.1.1 | Petróleo | LT | 1 | 0,225 | \$ 574 | \$ 129 |
| 4.1.2 | Áridos - Base | M³ | 0,143 | 8,33 | \$ 3.588 | \$ 4.274 |
| 4.2 | Mano de Obra | | | | | |
| 4.2.1 | Capataz | HH | 1 | 0,01 | \$ 7.652 | \$ 77 |
| 4.2.2 | Estaquero | HH | 2 | 0,02 | \$ 3.291 | \$ 132 |
| 4.3 | Equipos y Herramientas | | | | | |
| 4.3.1 | Motoniveladora | HM | 1 | 0,015 | \$ 26.650 | \$ 400 |
| 4.3.2 | Camión Tolva | HM | 2 | 0,002 | \$ 23.575 | \$ 94 |
| 4.3.3 | Camión Aljibe | HM | 1 | 0,004 | \$ 7.403 | \$ 30 |
| 4.3.4 | Rodillo Compactador Liso | HM | 1 | 0,003 | \$ 20.500 | \$ 62 |
| | | | | | TOTAL | \$ 5.196 |
| | | | | | TOTAL UF | 0,194 |

| | | | | | | |
|--------------|-------------------------------------|---------------|-----------------|--------------------|------------------------|---------------------|
| 5 | Imprimación (1m²) | | | | | |
| | Descripción | Unidad | Cantidad | Rendimiento | Precio Unitario | Precio Total |
| 5.1 | Materiales | | | | | |
| 5.1.1 | Petróleo | LT | 1 | 0,225 | \$ 574 | \$ 129 |
| 5.1.2 | Imprimante | LT | 1 | 1,1 | \$ 363 | \$ 399 |
| 5.2 | Mano de Obra | | | | | |
| 5.2.1 | Capataz | HH | 1 | 0,004 | \$ 7.652 | \$ 31 |
| 5.2.2 | Jornal | HH | 1 | 0,008 | \$ 2.349 | \$ 19 |
| 5.3 | Equipos y Herramientas | | | | | |
| 5.3.1 | Camión Imprimante | HM | 1 | 0,002 | \$ 29.757 | \$ 60 |
| | | | | | TOTAL | \$ 637 |
| | | | | | TOTAL UF | 0,024 |

| | | | | | | |
|--------------|---|---------------|-----------------|--------------------|------------------------|---------------------|
| 6 | Capa Asfáltica (1m²) | | | | | |
| | <i>Capa asfáltica, e=5cm (26% de esponjamiento - 4% de Pérdida)</i> | | | | | |
| | Descripción | Unidad | Cantidad | Rendimiento | Precio Unitario | Precio Total |
| 6.1 | Materiales | | | | | |
| 6.1.1 | Petróleo | LT | 1 | 0,19 | \$ 574 | \$ 109 |
| 6.1.2 | Asfalto | M³ | 1 | 0,065 | \$ 87.125 | \$ 5.663 |
| 6.2 | Mano de Obra | | | | | |
| 6.2.1 | Capataz | HH | 1 | 0,0003 | \$ 57.400 | \$ 17 |
| 6.2.2 | Maestro | HH | 2 | 0,001 | \$ 47.150 | \$ 94 |
| 6.2.3 | Ayudante | HH | 2 | 0,001 | \$ 36.900 | \$ 74 |
| 6.2.4 | Jornal | HH | 2 | 0,008 | \$ 2.349 | \$ 38 |
| 6.3 | Equipos y Herramientas | | | | | |
| 6.3.1 | Finisher | DIA | 1 | 0,0003 | \$ 241.726 | \$ 73 |
| 6.3.2 | Rodillo Compactador Liso | DIA | 1 | 0,0003 | \$ 96.576 | \$ 29 |
| 6.3.3 | Rodillo Compactador Neumático | DIA | 1 | 0,0003 | \$ 76.076 | \$ 23 |
| | | | | | TOTAL | \$ 6.119 |
| | | | | | TOTAL UF | 0,228 |

| | | | | | | |
|--------------|-------------------------------------|---------------|-----------------|--------------------|------------------------|---------------------|
| 7 | Demarcación (1m²) | | | | | |
| | Descripción | Unidad | Cantidad | Rendimiento | Precio Unitario | Precio Total |
| 7.1 | Materiales | | | | | |
| 7.1.1 | Pintura termoplástica | KG | 40 | 0,006 | \$ 6.642 | \$ 1.594 |
| 7.2 | Mano de Obra | | | | | |
| 7.2.1 | Jornal | HH | 2 | 0,0875 | \$ 2.349 | \$ 411 |
| 7.3 | Equipos y Herramientas | | | | | |
| 7.3.1 | Maquina demarcadora | GL | 1 | 6,67 | \$ 41 | \$ 273 |
| | | | | | TOTAL | \$ 2.279 |
| | | | | | TOTAL UF | 0,085 |

5.1.2 Repavimentar con hormigón – Bache y Ahuellamiento. ANEXO B

| | | | | | | |
|----------|------------------------------------|--|--|--|--|--|
| 1 | Remoción de Escombros (1m²) | | | | | |
|----------|------------------------------------|--|--|--|--|--|

| | Descripción | Unidad | Cantidad | Rendimiento | Precio Unitario | Precio Total |
|--------------|----------------------------------|--------|----------|-------------|-------------------|-----------------|
| 1.1 | Materiales | | | | | |
| 1.1.1 | Petróleo | LT | 1 | 0,056 | \$ 574 | \$ 32 |
| 1.1.2 | Vertedero | M³ | 1 | 0,012 | \$ 410 | \$ 5 |
| 1.2 | Mano de Obra | | | | | |
| 1.2.1 | Capataz | HH | 1 | 0,004 | \$ 7.652 | \$ 31 |
| 1.2.2 | Jornal | HH | 3 | 0,004 | \$ 2.349 | \$ 28 |
| 1.3 | Equipos y Herramientas | | | | | |
| 1.3.1 | Retroexcavadora c/Martillo Krupp | HM | 1 | 0,01 | \$ 15.375 | \$ 154 |
| 1.3.2 | Retroexcavadora c/Cuchara | HM | 1 | 0,03 | \$ 41.000 | \$ 1.230 |
| 1.3.3 | Camión Tolva | HM | 2 | 0,01 | \$ 23.575 | \$ 472 |
| | | | | | TOTAL (\$) | \$ 1.951 |
| | | | | | TOTAL UF | 0,073 |

| | | | | | | |
|----------|--------------------------|--|--|--|--|--|
| 2 | Sub rasante (1m²) | | | | | |
|----------|--------------------------|--|--|--|--|--|

| | Descripción | Unidad | Cantidad | Rendimiento | Precio Unitario | Precio Total |
|--------------|-------------------------------|--------|----------|-------------|-------------------|---------------|
| 2.1 | Materiales | | | | | |
| 2.1.1 | Petróleo | LT | 1 | 0,1 | \$ 574 | \$ 57 |
| 2.2 | Mano de Obra | | | | | |
| 2.2.1 | Capataz | HH | 1 | 0,0005 | \$ 7.652 | \$ 4 |
| 2.2.2 | Estaquero | HH | 2 | 0,012 | \$ 3.210 | \$ 77 |
| 2.3 | Equipos y Herramientas | | | | | |
| 2.3.1 | Motoniveladora | HM | 1 | 0,009 | \$ 25.113 | \$ 226 |
| 2.3.2 | Camión Aljibe | HM | 1 | 0,003 | \$ 7.403 | \$ 22 |
| 2.3.3 | Rodillo Compactador Liso | HM | 1 | 0,004 | \$ 19.475 | \$ 78 |
| | | | | | TOTAL (\$) | \$ 464 |
| | | | | | TOTAL UF | 0,017 |

| | | | | | | |
|---|--------------------------|--------|----------|-------------|-----------------|--------------|
| 3 | Sub base (1m²) | | | | | |
| Sub base, e=10cm (26% Esponjamiento - 4% Pérdida) | | | | | | |
| | Descripción | Unidad | Cantidad | Rendimiento | Precio Unitario | Precio Total |
| 3.1 | Materiales | | | | | |
| 3.1.1 | Petróleo | LT | 1 | 0,225 | \$ 574 | \$ 129 |
| 3.1.2 | Áridos - Sub base | M³ | 0,13 | 6,67 | \$ 3.075 | \$ 2.666 |
| 3.2 | Mano de Obra | | | | | |
| 3.2.1 | Capataz | HH | 1 | 0,0005 | \$ 7.652 | \$ 4 |
| 3.2.2 | Estaquero | HH | 2 | 0,012 | \$ 3.210 | \$ 77 |
| 3.3 | Equipos y Herramientas | | | | | |
| 3.3.1 | Motoniveladora | HM | 1 | 0,015 | \$ 26.650 | \$ 400 |
| 3.3.2 | Camión Tolva | HM | 2 | 0,002 | \$ 23.575 | \$ 94 |
| 3.3.3 | Camión Aljibe | HM | 1 | 0,004 | \$ 7.403 | \$ 30 |
| 3.3.4 | Rodillo Compactador Liso | HM | 1 | 0,003 | \$ 20.500 | \$ 62 |
| | | | | | TOTAL (\$) | \$ 3.462 |
| | | | | | TOTAL UF | 0,129 |

| 4 | Base (1m²) | | | | | |
|--|--------------------------|--------|----------|-------------|-----------------|--------------|
| Base, e=10cm(26% Esponjamiento - 4% Pérdida) | | | | | | |
| | Descripción | Unidad | Cantidad | Rendimiento | Precio Unitario | Precio Total |
| 4.1 | Materiales | | | | | |
| 4.1.1 | Petróleo | LT | 1 | 0,225 | \$ 574 | \$ 129 |
| 4.1.2 | Áridos - Base | M³ | 0,13 | 8,33 | \$ 3.588 | \$ 3.885 |
| 4.2 | Mano de Obra | | | | | |
| 4.2.1 | Capataz | HH | 1 | 0,01 | \$ 7.652 | \$ 77 |
| 4.2.2 | Estaquero | HH | 2 | 0,02 | \$ 3.291 | \$ 132 |
| 4.3 | Equipos y Herramientas | | | | | |
| 4.3.1 | Motoniveladora | HM | 1 | 0,015 | \$ 26.650 | \$ 400 |
| 4.3.2 | Camión Tolva | HM | 2 | 0,002 | \$ 23.575 | \$ 94 |
| 4.3.3 | Camión Aljibe | HM | 1 | 0,004 | \$ 7.403 | \$ 30 |
| 4.3.4 | Rodillo Compactador Liso | HM | 1 | 0,003 | \$ 20.500 | \$ 62 |
| | | | | | TOTAL | \$ 4.808 |
| | | | | | TOTAL UF | 0,179 |

| | | | | | | |
|--------------|--|---------------|-----------------|--------------------|------------------------|---------------------|
| 5 | Capa de Hormigón (1m²) | | | | | |
| | <i>Capa de hormigón, e=10cm (26% Esponjamiento - 4% Pérdida)</i> | | | | | |
| | Descripción | Unidad | Cantidad | Rendimiento | Precio Unitario | Precio Total |
| 5.1 | Materiales | | | | | |
| 5.1.1 | Hormigón premezclado | M³ | 1 | 0,13 | \$ 57.816 | \$ 7.516 |
| 5.1.2 | Curado | LT | 1 | 0,901 | \$ 1.890 | \$ 1.703 |
| 5.1.3 | Petroleo | LT | 1 | 0,225 | \$ 574 | \$ 129 |
| 5.1.4 | Imprimante de Curado | LT | 1 | 1,2 | \$ 372 | \$ 446 |
| 5.2 | Mano de Obra | | | | | |
| 5.2.1 | Capataz | HH | 1 | 0,001 | \$ 42.500 | \$ 43 |
| 5.2.2 | Maestro | HH | 1 | 0,001 | \$ 47.150 | \$ 47 |
| 5.2.3 | Ayudante | HH | 2 | 0,001 | \$ 36.900 | \$ 74 |
| 5.2.4 | Jornal | HH | 2 | 0,008 | \$ 2.349 | \$ 38 |
| 5.3 | Equipos y Herramientas | | | | | |
| 5.3.1 | Cercha de pavimento | HM | 1 | 1 | \$ 5.000 | \$ 5.000 |
| 5.3.2 | Vibrador de inmersión | HM | 1 | 0,2 | \$ 625 | \$ 125 |
| | | | | | TOTAL | \$ 15.121 |
| | | | | | TOTAL UF | 0,564 |

| | | | | | | |
|--------------|-------------------------------|---------------|-----------------|--------------------|------------------------|---------------------|
| 6 | Corte (1m²) | | | | | |
| | Descripción | Unidad | Cantidad | Rendimiento | Precio Unitario | Precio Total |
| 6.1 | Materiales | | | | | |
| 6.1.1 | Petróleo | LT | 1 | 0,225 | \$ 574 | \$ 129 |
| 6.2 | Mano de Obra | | | | | |
| 6.2.1 | Capataz | HH | 1 | 0,004 | \$ 7.652 | \$ 31 |
| 6.2.2 | Jornal | HH | 2 | 0,004 | \$ 2.349 | \$ 19 |
| 6.3 | Equipos y Herramientas | | | | | |
| 6.3.1 | Cortadora de pavimento | HM | 1 | 1 | \$ 1.875 | \$ 1.875 |
| | | | | | TOTAL | \$ 2.054 |
| | | | | | TOTAL UF | 0,077 |

| | | | | | | |
|--------------|-------------------------------|---------------|-----------------|--------------------|------------------------|---------------------|
| 7 | Demarcación (1m²) | | | | | |
| | Descripción | Unidad | Cantidad | Rendimiento | Precio Unitario | Precio Total |
| 7.1 | Materiales | | | | | |
| 7.1.1 | Pintura termoplástica | KG | 40 | 0,006 | \$ 6.642 | \$ 1.594 |
| 7.2 | Mano de Obra | | | | | |
| 7.2.1 | Jornal | HH | 2 | 0,0875 | \$ 2.349 | \$ 411 |
| 7.3 | Equipos y Herramientas | | | | | |
| 7.3.1 | Maquina demarcadora | GL | 1 | 6,67 | \$ 41 | \$ 273 |
| | | | | | TOTAL | \$ 2.279 |
| | | | | | TOTAL UF | 0,085 |

5.1.3 Reposición de capa asfáltica y base granular – Ahuellamiento.

ANEXO C

| 1 | Remoción de Escombros (1m²) | | | | | |
|-------|----------------------------------|--------|----------|-------------|-----------------|--------------|
| | Descripción | Unidad | Cantidad | Rendimiento | Precio Unitario | Precio Total |
| 1.1 | Materiales | | | | | |
| 1.1.1 | Petróleo | LT | 1 | 0,056 | \$ 574 | \$ 32 |
| 1.1.2 | Vertedero | M³ | 1 | 0,012 | \$ 410 | \$ 5 |
| 1.2 | Mano de Obra | | | | | |
| 1.2.1 | Capataz | HH | 1 | 0,004 | \$ 7.652 | \$ 31 |
| 1.2.2 | Jornal | HH | 3 | 0,004 | \$ 2.349 | \$ 28 |
| 1.3 | Equipos y Herramientas | | | | | |
| 1.3.1 | Retroexcavadora c/Martillo Krupp | HM | 1 | 0,01 | \$ 15.375 | \$ 154 |
| 1.3.2 | Retroexcavadora c/Cuchara | HM | 1 | 0,03 | \$ 41.000 | \$ 1.230 |
| 1.3.3 | Camión Tolva | HM | 2 | 0,01 | \$ 23.575 | \$ 472 |
| | | | | | TOTAL | \$ 1.951 |
| | | | | | TOTAL UF | 0,073 |

| 2 | Base (1m²) | | | | | |
|---|--------------------------|--------|----------|-------------|-----------------|--------------|
| Base, e=11cm (26% Esponjamiento - 4% Pérdida) | | | | | | |
| | Descripción | Unidad | Cantidad | Rendimiento | Precio Unitario | Precio Total |
| 2.1 | Materiales | | | | | |
| 2.1.1 | Petróleo | LT | 1 | 0,225 | \$ 574 | \$ 129 |
| 2.1.2 | Áridos - Base | M³ | 0,143 | 8,33 | \$ 3.588 | \$ 4.274 |
| 2.2 | Mano de Obra | | | | | |
| 2.2.1 | Capataz | HH | 1 | 0,01 | \$ 7.652 | \$ 77 |
| 2.2.2 | Estaquero | HH | 2 | 0,02 | \$ 3.291 | \$ 132 |
| 2.3 | Equipos y Herramientas | | | | | |
| 2.3.1 | Motoniveladora | HM | 1 | 0,015 | \$ 26.650 | \$ 400 |
| 2.3.2 | Camión Tolva | HM | 2 | 0,002 | \$ 23.575 | \$ 94 |
| 2.3.3 | Camión Aljibe | HM | 1 | 0,004 | \$ 7.403 | \$ 30 |
| 2.3.4 | Rodillo Compactador Liso | HM | 1 | 0,003 | \$ 20.500 | \$ 62 |
| | | | | | TOTAL | \$ 5.196 |
| | | | | | TOTAL UF | 0,194 |

| | |
|---|--------------------------------|
| 3 | Imprimación (1m ²) |
|---|--------------------------------|

| | Descripción | Unidad | Cantidad | Rendimiento | Precio Unitario | Precio Total |
|-------|------------------------|--------|----------|-------------|-----------------|---------------|
| 3.1 | Materiales | | | | | |
| 3.1.1 | Petróleo | LT | 1 | 0,225 | \$ 574 | \$ 129 |
| 3.1.2 | Imprimante | LT | 1 | 1,1 | \$ 363 | \$ 399 |
| 3.2 | Mano de Obra | | | | | |
| 3.2.1 | Capataz | HH | 1 | 0,004 | \$ 7.652 | \$ 31 |
| 3.2.2 | Jornal | HH | 1 | 0,008 | \$ 2.349 | \$ 19 |
| 3.3 | Equipos y Herramientas | | | | | |
| 3.3.1 | Camión Imprimante | HM | 1 | 0,002 | \$ 29.757 | \$ 60 |
| | | | | | TOTAL | \$ 637 |
| | | | | | TOTAL UF | 0,024 |

| | |
|---|-----------------------------------|
| 4 | Capa Asfáltica (1m ²) |
|---|-----------------------------------|

Capa asfáltica, e=5cm (26% Esponjamiento - 4% Pérdida)

| | Descripción | Unidad | Cantidad | Rendimiento | Precio Unitario | Precio Total |
|-------|-------------------------------|----------------|----------|-------------|-----------------|-----------------|
| 4.1 | Materiales | | | | | |
| 4.1.1 | Concreto asfáltico | M ³ | 1 | 0,065 | \$ 87.125 | \$ 5.663 |
| 4.1.2 | Petróleo | LT | 1 | 0,19 | \$ 574 | \$ 109 |
| 4.2 | Mano de Obra | | | | | |
| 4.2.1 | Capataz | HH | 1 | 0,0003 | \$ 57.400 | \$ 17 |
| 4.2.2 | Maestro | HH | 2 | 0,001 | \$ 47.150 | \$ 94 |
| 4.2.3 | Ayudante | HH | 2 | 0,001 | \$ 36.900 | \$ 74 |
| 4.2.4 | Jornal | HH | 2 | 0,008 | \$ 2.349 | \$ 38 |
| 4.3 | Equipos y Herramientas | | | | | |
| 4.3.1 | Finisher | MES | 1 | 0,0003 | \$ 241.723 | \$ 73 |
| 4.3.2 | Rodillo Compactador Liso | MES | 1 | 0,0003 | \$ 76.076 | \$ 23 |
| 4.3.3 | Rodillo Compactador Neumático | MES | 1 | 0,0003 | \$ 96.577 | \$ 29 |
| | | | | | TOTAL | \$ 6.119 |
| | | | | | TOTAL UF | 0,228 |

| | |
|---|--------------------------------|
| 5 | Demarcación (1m ²) |
|---|--------------------------------|

| | Descripción | Unidad | Cantidad | Rendimiento | Precio Unitario | Precio Total |
|-------|------------------------|--------|----------|-------------|-----------------|-----------------|
| 5.1 | Materiales | | | | | |
| 5.1.1 | Pintura termoplástica | KG | 40 | 0,006 | \$ 6.642 | \$ 1.594 |
| 5.2 | Mano de Obra | | | | | |
| 5.2.1 | Jornal | HH | 2 | 0,0875 | \$ 2.349 | \$ 411 |
| 5.3 | Equipos y Herramientas | | | | | |
| 5.3.1 | Maquina demarcadora | GL | 1 | 6,67 | \$ 41 | \$ 273 |
| | | | | | TOTAL | \$ 2.279 |
| | | | | | TOTAL UF | 0,085 |

5.2 Análisis de gastos generales. ANEXO D

| | | | GASTO GENERALES | | | | |
|----------|---------------------------------------|--------|-----------------|-----------------|--------------|----------------|----------------|
| Item | Descripción | Unidad | Cantidad | Precio Unitario | Precio Total | Precio por Mes | Precio por Día |
| 1 | Garantías y Seguros | | | | | | |
| 1.1 | Boleta por anticipo y cumplimiento | GL | 1 | \$ 250.000 | \$ 250.000 | \$ 1.039.583 | \$ 34.653 |
| 1.2 | Seguro de Obra | GL | 1 | \$ 489.583 | \$ 489.583 | | |
| 1.3 | Cargos Notariales | MES | 1 | \$ 300.000 | \$ 300.000 | | |
| 2 | Administración | | | | | | |
| 2.1 | Profesional Administrador de Obra | MES | 1 | \$ 1.567.343 | \$ 1.567.343 | \$ 6.482.100 | \$ 216.070 |
| 2.2 | Profesional de Terreno | MES | 1 | \$ 989.456 | \$ 989.456 | | |
| 2.3 | Profesionales Asistentes | MES | 1 | \$ 633.565 | \$ 633.565 | | |
| 2.4 | Prevencionista de Riesgos | MES | 1 | \$ 789.676 | \$ 789.676 | | |
| 2.5 | Topografo | MES | 1 | \$ 1.006.191 | \$ 1.006.191 | | |
| 2.6 | Leyes Sociales | % | 30 | \$ 1.495.869 | \$ 1.495.869 | | |
| 3 | Mano de Obra Apoyo | | | | | | |
| 3.1 | Alarife | MES | 1 | \$ 356.575 | \$ 356.575 | \$ 463.548 | \$ 15.452 |
| 3.2 | Leyes Sociales | % | 30 | \$ 106.973 | \$ 106.973 | | |
| 4 | Elementos de Seguridad | | | | | | |
| 4.1 | Cascos | MES | 25 | \$ 2.090 | \$ 52.250 | \$ 622.680 | \$ 20.756 |
| 4.2 | Antiparras | MES | 25 | \$ 2.490 | \$ 62.250 | | |
| 4.3 | Guantes | MES | 25 | \$ 878 | \$ 21.950 | | |
| 4.4 | Zapatos | MES | 25 | \$ 11.990 | \$ 299.750 | | |
| 4.5 | Botas | MES | 9 | \$ 11.990 | \$ 107.910 | | |
| 4.6 | Overoles | MES | 9 | \$ 7.490 | \$ 67.410 | | |
| 4.7 | Bloqueador Solar | MES | 2 | \$ 1.990 | \$ 3.980 | | |
| 4.8 | Cinta de Peligro | MES | 2 | \$ 3.590 | \$ 7.180 | | |
| 5 | Ensayos y Laboratorio | | | | | | |
| 5.1 | Ensayos | GL | 1 | \$ 713.016 | \$ 713.016 | \$ 713.016 | \$ 23.767 |
| 6 | Instalaciones Provisorias | | | | | | |
| 6.1 | Instalaciones de Faena | GL | 1 | \$ 1.563.125 | \$ 1.563.125 | \$ 1.563.125 | \$ 52.104 |
| 7 | Gastos Financieros | | | | | | |
| 7.1 | Gastos Financieros | GL | 1 | \$ 1.539.938 | \$ 1.539.938 | \$ 1.539.938 | \$ 51.331 |
| 8 | Movilización y Servicio de Transporte | | | | | | |
| 8.1 | Transporte | MES | 1 | \$ 2.331.875 | \$ 2.331.875 | \$ 2.331.875 | \$ 77.729 |
| TOTAL | | | | | | \$ 14.755.865 | \$ 491.862 |
| TOTAL UF | | | | | | 550 | 18 |